

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»  
УДК 620.92

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
В.І.Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)  
“ ” 2018 р.

## Магістерська дисертація

зі спеціальності (спеціалізації) 144 Теплоенергетика. Енергетичний менеджмент та інжиніринг

на тему: «Підвищення рівня енергоефективності школи № 174 за рахунок застосування енергоефективної рекуперативної вентиляції.»

Виконав (-ла): студент (-ка) VI курсу, групи ОТ – 71мп  
(шифр групи)

Святний Леонід Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник доцент, к.т.н., доцент Виноградов В.О.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль доцент, к.т.н., доцент Шкляр В.І.  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут **Інститут енергозбереження та енергоменеджменту**

Кафедра **Теплотехніки та енергозбереження**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність (спеціалізація) **144 Теплоенергетика. Енергетичний менеджмент та інжиніринг**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.І. Дешко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« 01 » вересня 2018 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на магістерську дисертацію студенту**  
Святному Леоніду Олеговичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації : Підвищення рівня енергоефективності школи № 174 за рахунок застосування енергоефективної рекуперативної вентиляції.,

науковий керівник дисертації к.т.н., доц. Виноградов В.О. ,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «05» листопада 2018 р. № 4089-с

2. Строк подання студентом дисертації « 15 » грудня 2018 р.

3. Об'єкт дослідження система енергозабезпечення школи №174

4. Предмет дослідження (Вихідні дані): споживання теплової енергії 640 Гкал, електричної енергії – 83894 кВт\*год та води – 7193,38 м<sup>3</sup>, кількість працюючих п-600 чоловік , висота будівлі р-13,5 м .

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

а) теплова частина: розрахунок тепловтрат та теплонадходжень різними методами, рекомендації до запровадження заходів з енергозбереження.

б) електрична частина: аналіз споживачів електричної енергії школи, побудова балансів споживання.

в) спеціальна частина: модернізація системи вентиляції школи № 174 за рахунок впровадження системи рекуперації.

г) енергетичний менеджмент: розрахунок раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів у школі.

д) стартап-проект: розрахунок системи рекуперації у школі, аналіз факторів впливу на запровадження проекту.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

схема тепlopункту школи, електрична схема, спеціальне питання, схема плану об'єкта

7. Орієнтовний перелік публікацій: тези доповіді на конференцію.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	доц. Шкляр В.І.		

9. Дата видачі завдання 01.09. 2018 р.

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строки виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Загальна характеристика об'єкту	29.10 - 17.11. 2018	
2.	Розрахунок теплотехнічної частини	01.11 - 10.12. 2018	
3.	Розрахунок електротехнічної частини	01.11 - 10.12. 2018	
4.	Спеціальна частина	01.11 - 10.12. 2018	
5.	Енергетичний менеджмент	01.11 - 10.12. 2018	
6.	Стартап-проект	01.11 - 10.12. 2018	
7.	Підготовка графічного матеріалу	01.11 - 10.12. 2018	
8.	<b>Нормоконтроль</b>	03.12 - 13.12. 2018	
9.	<b>Попередній захист</b>	10.12 - 14.12. 2018	
10.	<b>Захист магістерської дисертації</b>	17.12 - 21.12. 2018	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Л.О.Святний  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

В.О.Виноградов  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація «Підвищення рівня енергоефективності школи номер 174 за рахунок використання рекуперації повітря» складається з 108 сторінок, 54 рисунків, 15 таблиць, а також містить 38 джерел в переліку посилань.

Актуальність теми полягає в ефективному використанні рекуперативних установок з метою зменшення тепловтрат та отримання чистого, свіжого повітря у приміщеннях.

Метою роботи є аналіз існуючих рекуперативних повітряних систем для невеликих приміщень, з подальшим вибором кращої конструкції та конструктивного рішення по її впровадженню для системи вентиляції окремих класів ліцею.

Завдання дослідження – дослідити ефективність застосування рекуператорів теплоти повітря, визначити частку повернення теплоти, яка втрачається з інфільтрацією. Визначити оптимальні параметри рекуператорів для забезпечення комфортного мікроклімату в приміщеннях учбових класів.

Об'єкт дослідження – застосування рекуперації повітря у школі №174 міста Київ.

Предмет дослідження – вивчення конструктивних і енергетичних характеристик рекуператорів повітря.

Наукова новизна магістерської дисертації полягає у дослідженні використання рекуперативних установок у загальноосвітньому закладі.

Отримані результати, запропоновані методики та підходи можуть використовуватись для аналізу ефективності застосування рекуперації теплоти повітря.

Публікації.

Підготовлено статтю на I науково-технічну конференцію магістрантів ІЕЕ,.м. Київ, Національний технічний університет України «КПІ ім. Ігоря Сікорського» 2018 рік.

Ключові слова та словосполучення: енергозбереження, енергоспоживання, навантаження, втрати, економія, рекуператор повітря, вентиляція, повітрообмін, комфортні умови, вміст двоокису вуглецю.

## **ABSTRACT**

Master's thesis "Increasing the energy efficiency level of school number 174 through the use of air recuperation" consists of 105 pages the main text, 39 illustrations, 25 tables and 38 items of bibliographical references.

Actuality is the effective use of recuperative units to reduce heat losses and obtain clean, fresh air in the premises.

The purpose of the work is to analyze the existing recuperative air systems for small rooms, with the subsequent choice of a better design and a constructive solution for its implementation for the ventilation system of separate classes of the lyceum.

The task of the study is to investigate the efficiency of the use of heat recuperators of air, to determine the proportion of heat return that is lost with infiltration. Determine the optimal parameters of the recuperators to provide a comfortable microclimate in the premises of the classes.

Research objectives - investigate the efficiency of the use of heat recuperators of air, to determine the proportion of heat return that is lost with infiltration.

The object of study - the application of air recuperation in the Technical Lyceum NTUU "KPI".

Subject of research - study of structural and energy characteristics of air recuperators.

Scientific novelty of the master's thesis is to study the use of recuperative units in a general educational institution.

The results suggested methods and approaches can be used to analyze the efficiency of the application of heat recovery of air.

Publications

An article was prepared at the 1st scientific and technical conference of IEE masters. Kyiv, National Technical University of Ukraine "KPI them. Igor Sikorsky" 2018 year.

Keywords and phrases: energy saving, energy consumption, load, loss of savings, economy, air recuperator, ventilation, air exchange, comfortable conditions, carbon dioxide content.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1 Призначення будівлі.....	10
1.2 Характеристика об’єкту дослідження.....	10
1.3 Річне споживання енергоносіїв.....	11
2 ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....	20
2.1 Обстеження зовнішнього стану будівлі.....	20
2.1.1 Фактичний стан зовнішніх вікон .....	22
2.1.2 Фактичний стан даху будівлі.....	23
2.1.3 Фактичний стан зовнішніх дверей .....	23
2.1.4 Фактичний стан підлоги.....	24
2.2 Огороджувальні конструкції.....	25
2.2.1 Стіни школи.....	25
2.2.2 Вікна школи.....	26
2.2.3 Двері школи.....	26
2.2.4 Стеля школи.....	26
2.3.1 Розрахунок додаткових тепловтрат через огороджувальні констру- кції.....	28
2.3.2 Втрати теплоти в трубопроводах системи опалення .....	29
2.4.1 Проведення термоізоляції зовнішніх стін.....	35
<u>ЗЕЗ №1</u> : Проведення термоізоляції зовнішніх стін.....	36
<u>ЗЕЗ №2</u> : Заміна вікон.....	38
<u>ЗЕЗ №3</u> : Улаштування теплоізоляційного рефлектора.....	39
<u>ЗЕЗ №4</u> Очищення теплообмінника.....	40
2.5 Розрахунок теплового навантаження будівлі за нормативним методом.....	41
2.6 Теплопередача трансмісією.....	45



2.6.1 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі.....	43
2.7 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією.....	44
2.8 Теплопередача вентиляцією.....	45
2.8.1 Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі .....	45
2.8.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією.....	46
2.9 Внутрішні тепло надходження.....	47
2.10 Сонячні тепло надходження.....	49
2.10.1 Загальні сонячні теплонадходження.....	49
2.10.2 Сонячні налходження через елементі будівлі.....	50
2.10.3 Еквівалентна площа інсоляції засклених елементів.....	51
2.11 Динамічні параметри.....	55
2.11.1 Коефіцієнт використання надходжень для опалення.....	55
2.11.2 Часова константа будівлі.....	56
2.12 Сумарне енергоспоживання системами опалення.....	59
2.12.1 Тепловтрати підсистеми тепловіддачі.....	59
2.12.2 Енергія входу до підсистеми тепловіддачі.....	60
Висновки до розділу .....	62
<b>3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА.....</b>	<b>63</b>
3.1 Схема живлення та її аналіз.....	63
3.2 Розрахунок навантажень електроприймачів.....	64
3.3 Навантаження системи освітлення.....	66
3.4Сумарне навантаження електроприймачів .....	67
3.5 Розрахунок електричного освітлення.....	67
3.6 Перевірка кабеля.....	70
3.7 Баланс споживання електроенергії.....	72
3.8 Вимірювання і облік споживання електроенергії.....	51
3.9 Заходи з енергозбереження.....	76
<u>ЗЕЗ №1: Заміна ламп розжарювання на люмінесцентні.....</u>	<u>77</u>
<u>ЗЕЗ №2: Чищення світильників.....</u>	<u>79</u>

ЗЕЗ №3: Встановлення датчиків писутності.....	79
ЗЕЗ №4: Оновлення обладнання харчоблоку школи.....	81
Висновки до розділу.....	83
4. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ВИКОРИСТАННЯ РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТРЯ У КЛАСАХ ШКОЛИ.....	85
5. ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ.....	89
5.1 Поточний стан.....	89
5.2 Опис заходу.....	89
5.3 Річна економія енергії при впроваджені заходів.....	89
5.4 Річна економія ресурсів при впроваджені заходу.....	90
5.5 Визначення витрат на введення даного проекту.....	91
5.6 Економічна оцінка проекту.....	91
Висновки до розділу.....	94
6 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ.....	95
6.1 Загальні положення ідеї стартап проекту.....	95
6.2 Резюме проекту.....	96
6.3 Аналіз ідеї проекту.....	96
6.4 Визначення характеристик ідеї проекту.....	97
6.5 Технологічний аудит ідеї проекту.....	98
Висновки до розділу.....	99
ВИСНОВКИ.....	76
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

# ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

## СКОРОЧЕННЯ

РК – районна котельня;  
ЕП – електроприймач;  
ДНаТ – дугові трубчаті натрієві лампи ;  
ТП – трансформаторна підстанція;  
ГВП – гаряче водопостачання;  
ККД – коефіцієнт корисної дії;  
ЕМ – енергетичний менеджмент.

## УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

$B$  – витрата палива;  
 $Q$  – теплота;  
 $Q_H^P$  – нижча робоча теплота згорання палива;  
 $q_0$  - питома опалювальна характеристика будівлі;  
 $t_{вн}$  – внутрішня температура;  
 $t_{p.o}$  – розрахункова температура на опалення;  
 $\delta$  – товщина;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності.

## ІНДЕКСИ

$b$  – базовий;  
 $вн$  – внутрішній;  
 $з$  – зовнішній.

## ВСТУП

Важливим пріоритетним напрямом енергетичної політики України є раціональне використання і економія енергії. В основі енергозбереження лежать наступні причини:

- енергозабезпечення пов'язане з величезними фінансовими, матеріальними і трудовими затратами;
- видобуток, виробництво, транспортування і споживання паливно - енергетичних послуг чинять негативний вплив на навколишнє середовище;
- збільшення об'єму споживання енергоресурсів підприємством викликає збільшення вартості продукції, що випускається, а, отже, зниження її конкурентоспроможності на ринку.

Енергетичний аудит – є інструментом державної політики України в напрямку енергозбереження.

Вибір основних напрямів діяльності в області енергозбереження, а також розробка і впровадження енергозберігаючих заходів (програми енергозбереження) для будь-якого промислового підприємства можливі тільки на основі аналізу фактичного стану ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), визначення потенціалу енергозбереження з урахуванням умов функціонування технологічних об'єктів. Такі дані можна отримати різними способами, проте найбільш повними і об'єктивними є результати, отримані в ході проведення енергетичних обстежень (енергоаудиту) підприємств.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дипломного проекту є школа №174, яка знаходиться на вулиці Героїв Севастополя, 43, у м. Києві. Школа має 4 поверхи, та Г-подібну форму.

### 1.1 Призначення будівлі

Школа №174 є учбовим закладом. Початок занять розпочинається о 8.45 та закінчується о 14.00. З 14.00 – 18.00 працюють гуртки.

В школі навчається 561 учень та працює 51 працівник, тобто в будівлі щодня знаходиться приблизно 600 осіб.

### 1.2 Характеристика об'єкту дослідження

Будівля опалюється від центральної теплової мережі через індивідуальний тепловий пункт, що розташований в підвальному приміщенні школи, що не опалюється. Загальна площа приміщення індивідуального теплового пункту становить – 50,4 м<sup>2</sup>. В індивідуальному тепловому пункті встановлено вузол обліку теплової енергії.

Потужність існуючого теплового пункту 0,235 Гкал/год. Реальний тепловий графік – 90/45°C. Індивідуальний тепловий пункт не регулюється в залежності від температури навколишнього середовища.

Матеріали з яких споруджено школу:

- фундамент – стрічковий, виконаний з бетону;
- зовнішні стіни – виконані з цегли та внутрішнім і зовнішнім шаром цементно – піщаної штукатурки;
- покрівля – плоска, вкрита плитами;

- вікна – дерев'яні з роздільними переплетами – 104, та металопластикові – 85;
- Двері – дерев'яні.

### 1.3 Річне споживання енергоносіїв

Споживання електричної енергії протягом трьох років наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Споживання електричної енергії за 2015 – 2017 рік

Електроенергія						
Місяці	2015		2016		2017	
	кВт.год	грн.	кВт.год	грн.	кВт.год	грн.
Січень	5080	6293,52	6240	9892,4	8280	15792,28
Лютий	8680	10753,48	10840	17184,86	6880	13122,09
Березень	5920	7334,17	8120	13516,87	8520	16250,03
Квітень	5080	6293,51	5720	9617,15	7120	13579,82
Травень	4600	5972,64	6960	11567,52	6800	13747,97
Червень	2760	3755,47	3680	6317,09	3600	7278,34
Липень	1080	1537,19	640	1153,54	640	1399,68
Серпень	240	341,59	680	1225,63	800	1725,89
Вересень	3600	5328,72	5080	9156,19	4800	10355,33
Жовтень	8360	12374,47	8080	14745,68	11360	26853,67
Листопад	9680	14328,34	10520	19198,57	9560	22598,69
Грудень	10960	16547,84	9240	16862,63	13640	32243,32
Σ	66040	90860,94	75800	130438,1	82000	174947,1

Зображемо динаміку зміни споживання електричної енергії на рисунку 1.1

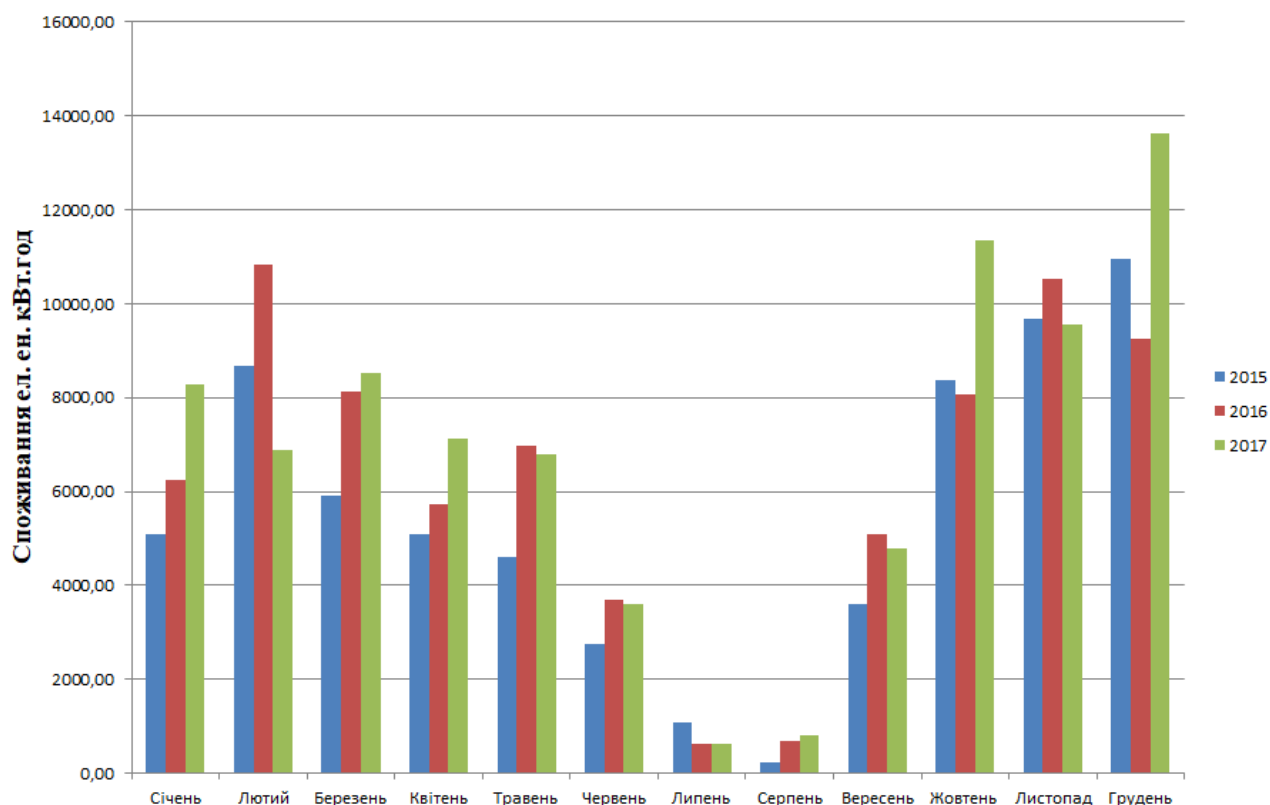


Рисунок 1.1 – Динаміка зміни споживання електричної енергії  
за 2015-2017 роки

Найбільше споживання електроенергії бачимо у зимовий період – зменшується тривалість світлового дня і використовуються електричні обігрівачі прилади.

Найменше споживання енергії бачимо в літку – більша тривалість світлового дня та період літніх канікул

Якщо брати по роках, то споживання електроенергії у 2016 було найвищим Це пов'язано із старінням обладнання, тобто більшими втратами.

Споживання теплової енергії протягом трьох років

У таблиці 1.2 наведено статистику споживання теплової енергії за 3 роки.

Таблиця 1.2 – Статистика споживання теплової енергії за 2015-2017 роки

Теплова енергія						
Місяці	2015		2016		2017	
	Гкал	грн.	Гкал	грн.	Гкал	грн.
Січень	56,77	75302,9	68,62	107439,3	55,61	84977,28
Лютий	49,14	65182,05	50,63	78771,3	62,82	86919,52
Березень	44,48	78867,26	43,064	66775,21	43,04	59550,34
Квітень	16,84	28209,74	18,529	28731,14	18,09	25028,23
Травень	2,23	3478,67	1,5	2065,02	0,8	1113,76
Жовтень	21,37	33335,92	17,122	23684,5	13,42	17826,32
Листопад	39,92	60451,61	38,735	53670,91	48,24	64079,12
Грудень	46,4	69757,57	53,526	74165,2	44,57	59204,11
Σ	278,17	416176,9	291,726	435302,6	286,71	398849,48

Динаміка зміни споживання теплової енергії зображена на рисунку 1.2.

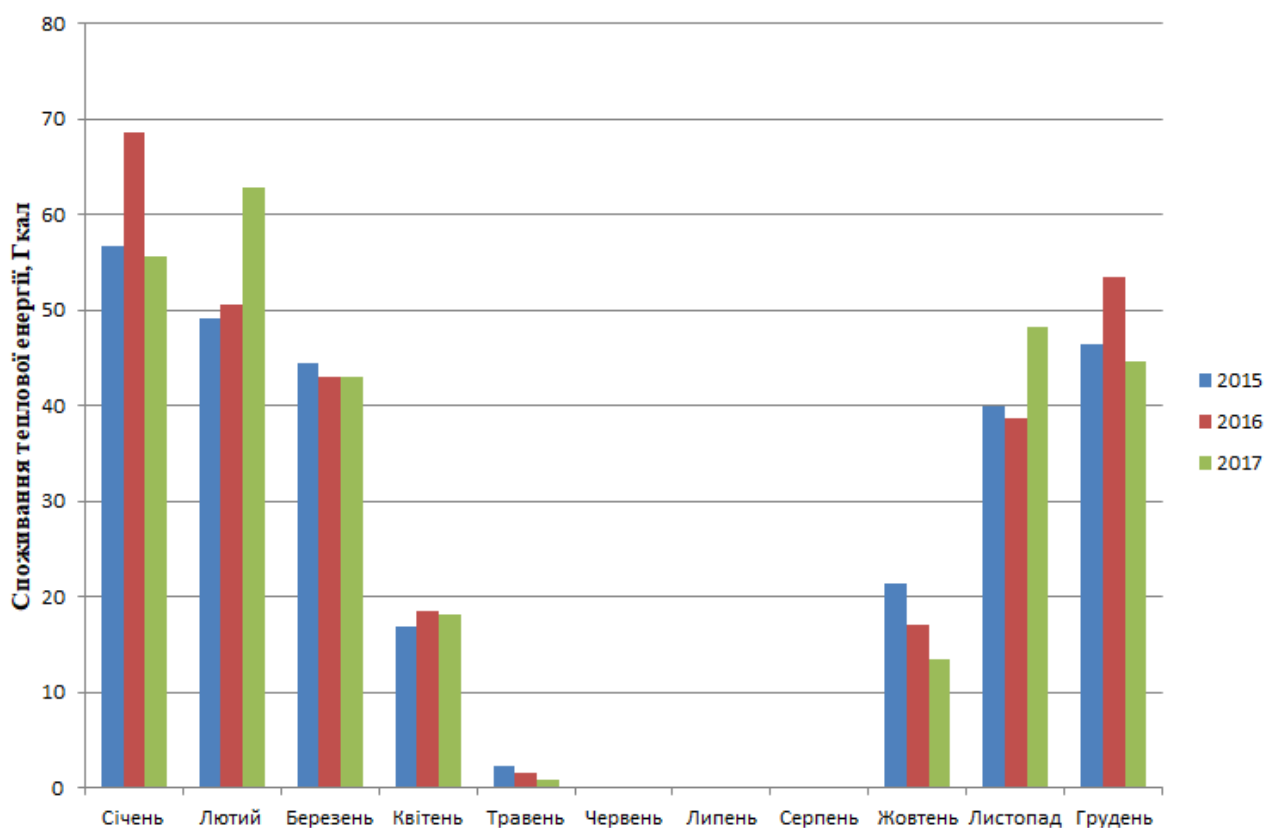


Рисунок 1.2 – Динаміка зміни споживання теплової енергії за 2015-2017 роки

Найбільше споживання бачимо взимку – бо це найхолодніший період



у році і тепла енергія витрачається на опалення приміщень. Починаючи з березня бачимо поступовий спад у споживанні енергії – температура зовнішнього повітря стає теплішою, і вже необхідно менша кількість теплової енергії, ніж взимку.

З травня по вересень тепла енергія не потрібна для опалення приміщень, тому бачимо провал споживання.

#### Споживання води протягом трьох років

Статистика споживання води за 3 роки представлена у таблиці 1.3. Динаміка зміни споживання води за 3 роки зображена на рисунку 1.3.

Таблиця 1.3 – Статистика споживання води за 2015-2017 роки

Холодна вода						
Місяці	2015		2016		2017	
	м3	грн.	м3	грн.	м3	грн.
Січень	421	1567,89	556	2413,75	320	1977,62
Лютий	353	1309,13	394	1708,01	407	2514,12
Березень	320	1188,93	659	2858,4	319	1970,98
Квітень	310	1151	364	1574,66	354	2186,18
Травень	282	1170,52	360	1550,75	270	1667,82
Червень	335	1439,86	313	1332,2	286	2014,99
Липень	168	727,27	198	857,08	243	1715,93
Серпень	159	680,87	175	894,11	185	1291,13
Вересень	264	1146,32	237	1464,11	151	1052,47
Жовтень	406	1758,63	320	1975,85	555	3840,6
Листопад	268	1156,63	295	1824,57	485	3356,2
Грудень	356	1533,35	316	1952,92	410	2837,2
Σ	3642	14830,4	4187	20406,41	3985	27576,2

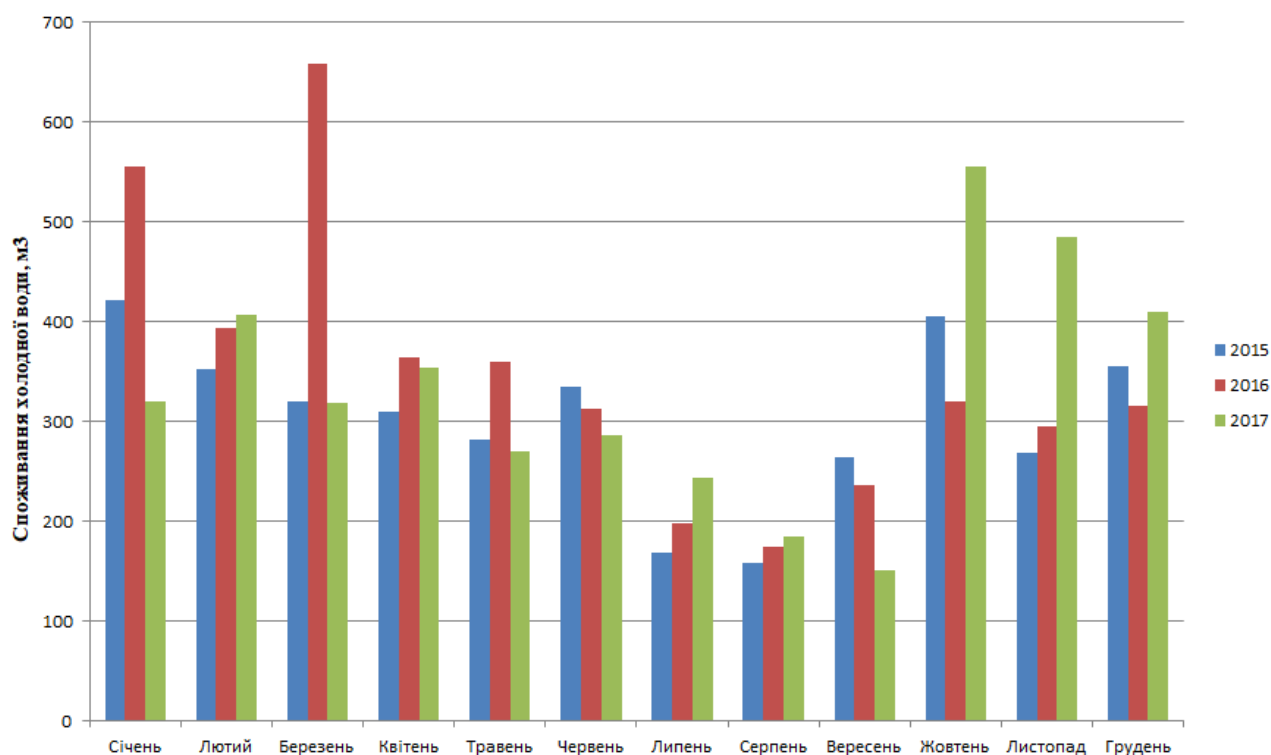


Рисунок 1.3 – Динаміка зміни споживання води за 2015-2017 роки

Отже, мінімальне споживання води спостерігається у літній період, тому що у цей час не проводяться уроки, режим роботи школи скорочується і вода майже не використовується. В інші періоди, а саме по роках, спостерігається рівномірне використання води.

### Структура споживання і оплати енергоносіїв

Співвідношення споживання різних енергоносіїв представимо в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Структура споживання енергоносіїв

	2015		2016		2017	
	грн	нат.од. (кВт)	грн	нат.од. (кВт)	грн	нат.од. (кВт)
Електрична енергія	90860	66040	61379,1	75800	174947	82000
Теплова енергія	253609	342636	68687,3	323511	435302	339227
Вода (м³)	13435	2300	14830	3642	20406	4187

Представимо діаграму споживання електричної та теплової енергії за 2015 рік у відсотковому співвідношенні на рисунку 1.6 та діаграму фінансових витрат, що йдуть на оплату за споживання цих енергоносіїв на рисунку 1.7.

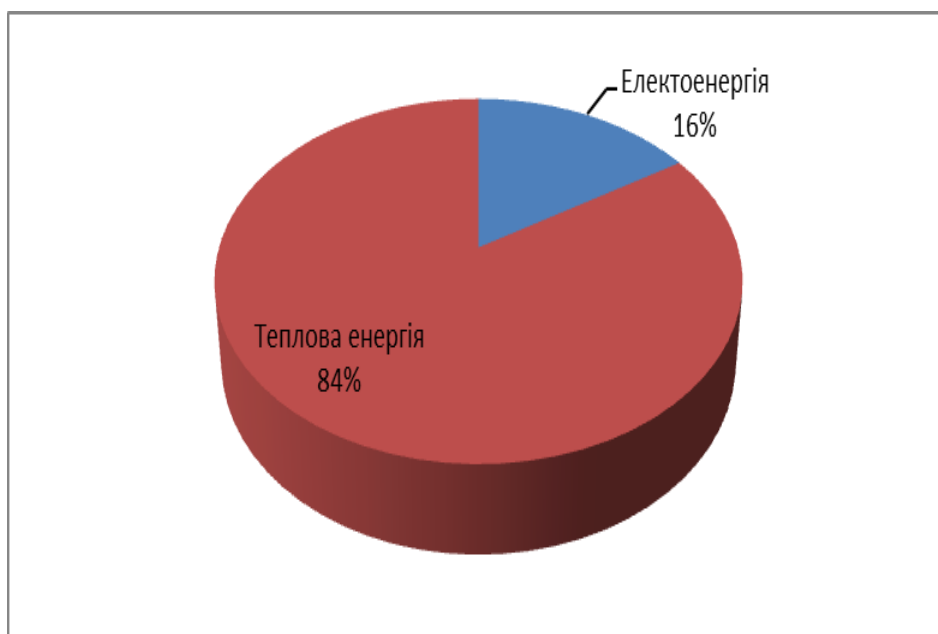


Рисунок 1.6 – Структура споживання електричної, теплової енергії у натуральних одиницях їх споживання у 2015 році

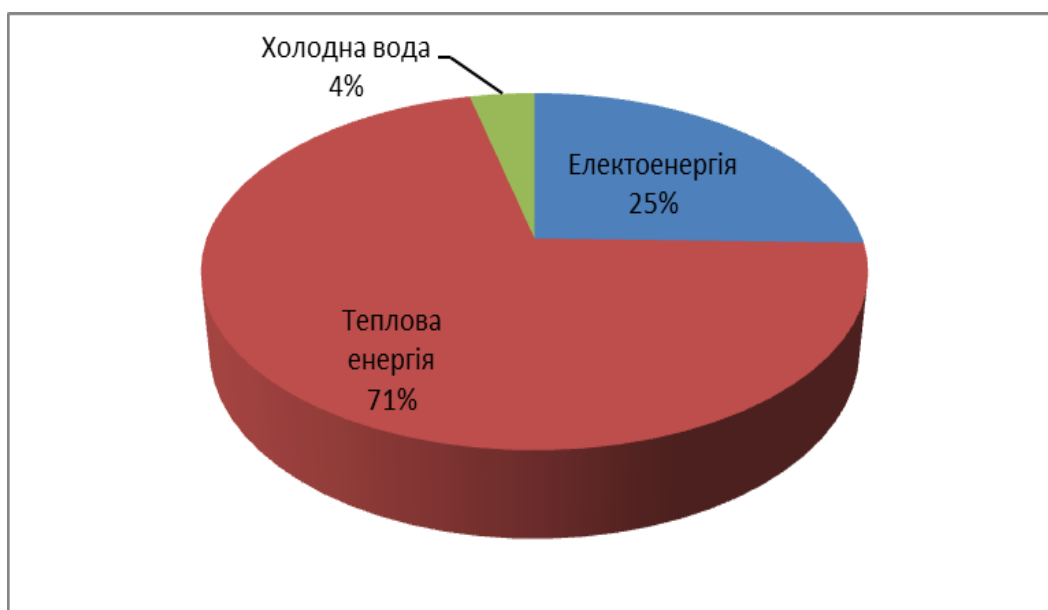


Рисунок 1.7 – Структура споживання електричної, теплової енергій і води в грошовому відношенні у відсотках їх споживання у 2015 році

Представимо діаграму споживання електричної та теплової енергії за 2015 рік у відсотковому співвідношенні на рисунку 1.8 та діаграму фінансових витрат, що йдуть на оплату за споживання цих енергоносіїв на рисунку 1.9.

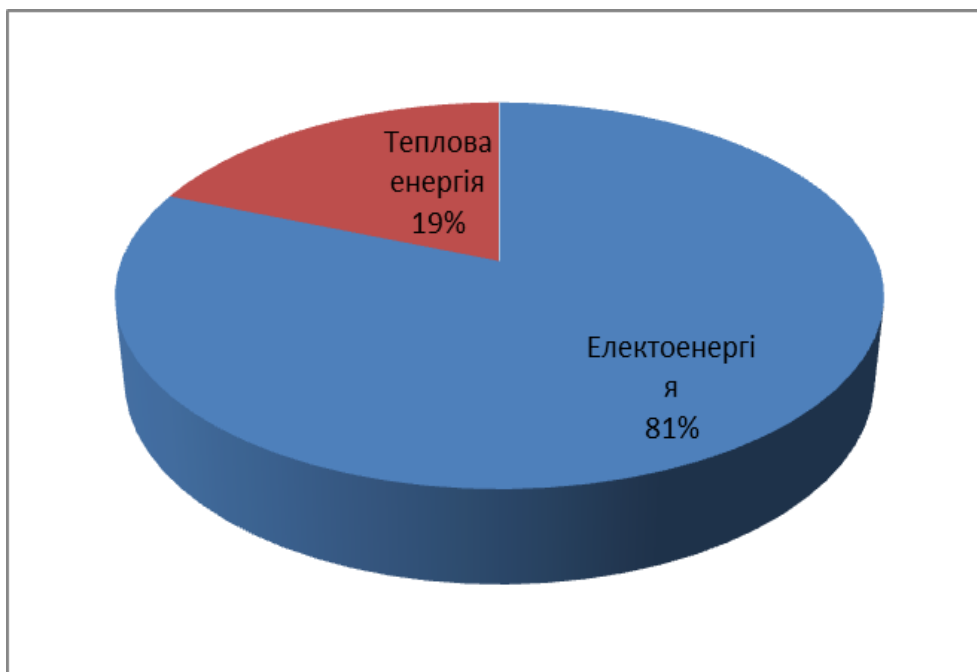


Рисунок 1.8 – Структура споживання електричної, теплової енергії у натуральних одиницях їх споживання у 2016 році

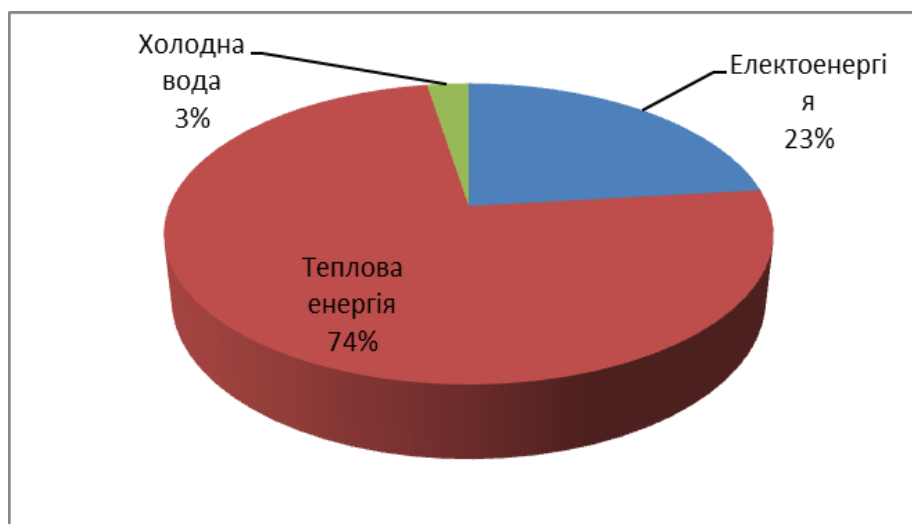


Рисунок 1.9 – Структура споживання електричної, теплової енергій і води в грошовому відношенні у відсотках їх споживання у 2016 році

Представимо діаграму споживання електричної та теплової енергії за 2017 рік у відсотковому співвідношенні на рисунку 1.10 та діаграму фінансових витрат, що йдуть на оплату за споживання цих енергоносіїв на рисунку 1.11.

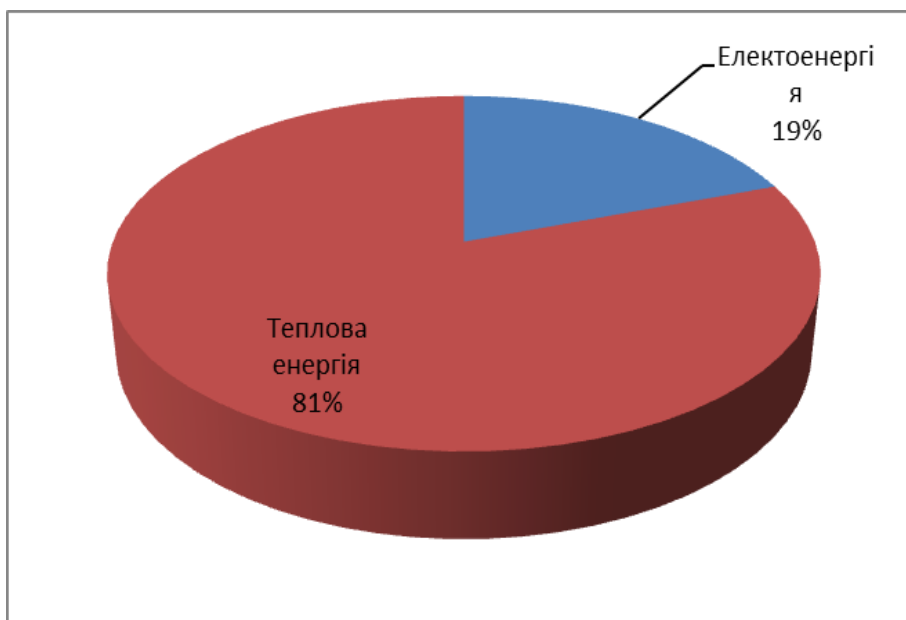


Рисунок 1.10 – Структура споживання електричної, теплової енергії у натуральних одиницях відсотках їх споживання у 2017 році

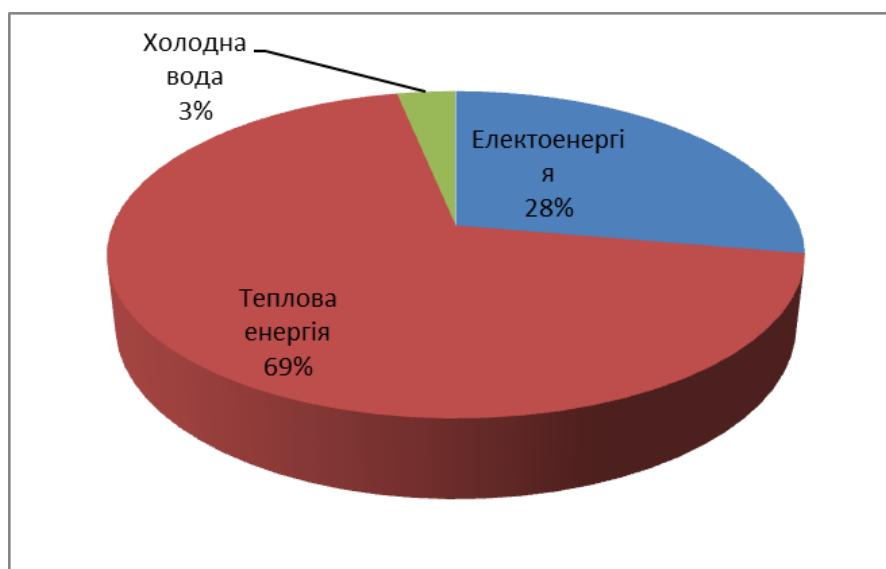


Рисунок 1.11 – Структура споживання електричної, теплової енергій і води в грошовому відношенні у відсотках їх споживання у 2017 році

Як видно з кругових діаграм частка електричної енергії в порівнянні з тепловою енергією значна. Це пояснюється тим, що електричну енергію ми використовуємо цілий рік, а теплову енергію переважно в опалювальний період.

Розглядаючи структуру споживання електричної, теплової енергій та води у грошовому відношенні у відсотку їх споживання бачимо, що споживання енергій у відсотку по роках трохи змінюється: теплової енергії – спадає, електричної енергії – зростає, води – спадає.

А якщо розглядати структуру споживання електричної і теплової енергій у натуральних одиницях, то бачимо, що споживання не є постійним. Найбільший відсоток припадає електричній енергії, потім –тепловій енергії.

## 2 ТЕПЛОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Обстеження зовнішніх стін будівлі

Кліматичні умови для м. Києва наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – кліматичні умови для м. Києва.

Розрахункова температура внутрішнього повітря	$t_{\text{в}}$	+21°C
Відносна вологість	$\varphi_{\text{в}}$	50%
Вологісний режим приміщень		нормальний
Температурна зона		I
Середня температура повітря протягом опалювального періоду	$t_{\text{з.сеп.}}$	-0,1°C
Температура зовнішня в найхолоднішу п'ятиденку	$t_{\text{з}}$	-22 °C

Матеріали з яких виготовлена стіна школи наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Матеріали з яких виготовлена стіна школи

№ шару	Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
		$\lambda$ Вт/м·К	$\delta$ м
1	Цегла на глиняному розчині	0,81	0,64
2	Зовнішня цементно-піщана штукатурка	1,2	0,025
3	Внутрішня цементно-піщана штукатурка	1,2	0,035

Опір теплопередачі стіни розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3},$$

де:  $\alpha_e$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, згідно [1], дорівнює 8,7 Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, згідно [1], дорівнює 23 Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$R_i$  – термічний опір шарів конструкції, який розраховується за формулою :

$$\sum_{i=1}^n R_i = \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i},$$

де:  $\lambda_i$  – коефіцієнт теплопровідності і-го шару, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\delta_i$  – товщина і-го шару, м.

Таким чином, термічний опір зовнішньої стіни складає:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,81} + \frac{0,025}{1,2} + \frac{0,035}{1,2} + \frac{1}{23} = 0,99 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорій огорожувальної конструкції  $R_{q \min} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , згідно [1] таблиці 1.

$$R_{\Sigma} = 0,99 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q \min} = 3,3 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Так як  $R_{\Sigma} < R_{q \min}$ , то теплозахисні властивості зовнішніх огорожень у незадовільному стані, що вимагає впровадження енергозберігаючих засобів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі стіни знаходимо за формулою:

$$k_{\text{стіни}} = \frac{1}{R_{\text{стіни}}},$$

а для нашого випадку, коефіцієнт теплопередачі складає:

$$k_{\text{стіни}} = \frac{1}{0,99} = 1,01 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$



### 2.1.1 Фактичний стан зовнішніх вікон

Вікна у будівлі – дерев’яні та металопластикові. Згідно [1] опір теплопередачі дерев’яних вікон  $R_{\text{вікна}} = R_{\Sigma} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Згідно [1] опір теплопередачі металопластикових вікон  $R_{\text{вікна}} = R_{\Sigma} = 0,60 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі вікна  $R_{q \min} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  згідно [1] тому:

#### дерев’яні вікна:

$$R_{\Sigma} = 0,45 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q \min} = 0,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

#### металопластикові вікна:

$$R_{\Sigma} = 0,60 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q \min} = 0,75 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Як бачимо, теплозахисні властивості зовнішніх огорожень знаходяться у незадовільному стані, тому вимагають впровадження енергозберігаючих заходів для збільшення їх опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі дерев’яних вікон складає :

$$k_{\text{вікон(д)}} = 2,2 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі металопластикових вікон з подвійним склінням в подвійних спарених переплетах становить:

$$k_{\text{вікон(м)}} = 1,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

### 2.1.2 Фактичний стан даху будівлі

У таблиці 2.3 представлено матеріали з яких виготовлено дах школи.

Таблиця 2.3 – Матеріали з яких виготовлено дах школи

№ шару	Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
		$\lambda$ Вт/м·К	$\delta$ м
1	Залізобетонна плита	1,7	0,25
2	Шлакобетон	0,6	0,03
3	Вапняно-піщана стяжка	0,87	0,03
4	Гідроізоляція	0,7	0,003
5	Гравій кетамзи товий	0,14	0,15

Опір теплопередачі даху складає :

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{1,7} + \frac{0,03}{0,6} + \frac{0,03}{0,87} + \frac{0,003}{0,7} + \frac{0,15}{0,14} + \frac{1}{23} = 1,46 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі перекриття неопалювальних горищ  $R_{q\min} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$ , згідно з [1], тому :

$$R_{\Sigma} = 1,46 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q\min} = 4,95 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Це означає, що теплозахисні властивості даху незадовільні і потребують впровадження енергозберігаючих заходів для збільшення їх опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплопередачі стелі:

$$k_{\text{стелі}} = \frac{1}{1,46} = 0,68 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

### 2.1.3 Фактичний стан зовнішніх дверей

Вхідні двері металеві. Двері аварійного виходу металопластикові. Матеріали з яких виготовлено двері школи представлено у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Матеріали з яких виготовлено двері школи

№ шару	Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
		$\lambda$ Вт/м К	$\delta$ м
1	Дерево	0,18	0,08

Опір теплопередачі дверей складає:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,08}{0,18} + \frac{1}{23} = 0,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі дверей

$$R_{q\min} = 0,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}, \text{ згідно з [1], тому :}$$

$$R_{\Sigma} = 0,6 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} < R_{q\min} = 0,65 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Так як  $R_{\Sigma} < R_{q\min}$  зовнішні двері знаходяться у незадовільному стані, тому необхідне впровадження енергозберігаючих заходів.

Коефіцієнт теплопередачі дверей складає:

$$k_{\text{дверей}} = 1,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

#### 2.1.4 Фактичний стан підлоги

Підлога складається з шарів, які наведені у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Характеристика підлоги

№ шару	Найменування матеріалу	Розрахункові характеристики	
		$\lambda$ Вт/м·К	$\delta$ м
1	залізобетонне перекриття	1,86	0,1
2	шлакобетон	0,63	0,04
3	цементно-піщана стяжка	0,93	0,015
4	плитка керамічна	0,64	0,012

Опір теплопередачі знаходимо за формулою:

$$R_{\text{підлоги}} = \frac{1}{\alpha_3} + \frac{\delta_{\text{з/б}}}{\lambda_{\text{з/б}}} + \frac{\delta_{\text{шл.б.}}}{\lambda_{\text{шл.б.}}} + \frac{\delta_{\text{ц.ст.}}}{\lambda_{\text{ц.ст.}}} + \frac{\delta_{\text{пл}}}{\lambda_{\text{пл}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}},$$

де:  $\lambda_i$  - коефіцієнт теплопровідності відповідного шару,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$\delta_i$  - товщина відповідного шару, м;

$\alpha_3$  - коефіцієнт тепловіддачі від підлоги зовнішньому середовищу,

$$\alpha_3 = 6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (\text{при наявності неопалювального підвалу}).$$

Підставляємо значення у формулу:

$$R_{\text{підлоги}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{1,86} + \frac{0,04}{0,63} + \frac{0,015}{0,93} + \frac{0,012}{0,64} + \frac{1}{6} = 1,517 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги дорівнює:

$$k_{\text{підлоги}} = \frac{1}{1,517} = 0,659 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

## 2.2 Огороджувальні конструкції

Тепловтрати через огороджувальні конструкції розраховуються за формулою:

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.ср.}}),$$

де:  $F$  – площа огороджувальної конструкції,  $\text{м}^2$ ;

$R$  – термічний опір огороджувальної конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ;

$t_{\text{вн}}$  – нормативна температура в середині приміщення;

$t_{\text{з.ср}}$  – середня температура навколишнього середовища.

### 2.2.1 Стіни школи

$$F_{\text{стіни}} = 3615 \text{ м}^2;$$

$$R_{\text{стіни}} = 0,99 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}.$$

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.ср.}}) = \frac{3615}{0.99} \cdot (21 + 0,1) = 77,04 \text{ кВт.}$$

### 2.2.2 Вікна школи

#### Дерев'яні вікна:

$$F_{\text{вікна}} = 245 \text{ м}^2;$$

$$R_{\text{вікон(д)}} = 0,45 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт.}$$

#### Металопластикові вікна:

$$F_{\text{вікна}} = 382 \text{ м}^2;$$

$$R_{\text{вікон(м)}} = 0,6 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт.}$$

#### Дерев'яні вікна:

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.ср.}}) = \frac{245}{0,45} \cdot (21 + 0,1) = 11,48 \text{ кВт.}$$

#### Металопластикові вікна:

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.ср.}}) = \frac{382}{0,6} \cdot (21 + 0,1) = 13,43 \text{ кВт.}$$

Сумарні тепловтрати через вікна школи складають:

$$Q_{\Sigma} = 13,43 + 11,48 = 24,91 \text{ кВт.}$$

### 2.2.3 Двері школи

$$F_{\text{дверей}} = 25 \text{ м}^2;$$

$$R_{\text{дверей}} = 0,6 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт.}$$

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.ср.}}) = \frac{25}{0,6} \cdot (21 + 0,1) = 0,87 \text{ кВт.}$$

### 2.2.4 Стеля школи

$$F_{\text{стелі}} = 1058 \text{ м}^2;$$

$$R_{\text{стелі}} = 1,46 (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт.}$$

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.ср.}}) = \frac{1058}{1,46} \cdot (21 + 0,1) = 15,29 \text{ кВт}.$$

### 2.2.5 Підлога школи

$$F_{\text{підлоги}} = 1058 \text{ м}^2;$$

$$R_{\text{підлоги}} = 1,517 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт}.$$

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з.ср.}}) = \frac{1058}{1,517} \cdot (21 + 0,1) = 14,71 \text{ кВт}.$$

Представимо отримані результати по розрахунку основних тепловтрат через огорожувальні конструкції у таблиці 2.1.

### Тепловтрати через огорожувальні конструкції

Таблиця 2.6 – Тепловтрати через огорожувальні конструкції

№ п/п	Найменування	Опір теплопередачі (м <sup>2</sup> ·К)/Вт	Площа, м <sup>2</sup>	Тепловтрати, кВт	Тепло- втрати, Гкал/год
1	Стіни школи	0,99	3615,05	77,04	0,066
2	Вікна школи	0,45/0,6	245/386	24,91	0,021
3	Двері школи	0,6	25	0,87	0,007
4	Стеля школи	1,46	1058	15,29	0,013
5	Підлога школи	1,517	1058	14,71	0,012
<b>Сумарні тепловтрати</b>				<b>132,82</b>	<b>0,114</b>

Таким чином, основні тепловтрати через огорожувальні конструкції складають **132,82 кВт**. Причому, основна частка припадає на зовнішні стіни, вікна та стелю будівлі, тому при впровадженні енергозберігаючих заходів особливу увагу необхідно приділити саме цим елементам.

## Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

### 2.3.1 Тепловтрати на інфільтрацію повітря

Додаткові витрати на інфільтрацію повітря виникають через відкривання зовнішніх дверей, а також нещільність зовнішніх вікон.

1) Додаткові витрати на відкривання зовнішніх дверей обчислюються за формулою:

$$Q_{\text{дв}}^{\text{відкр}} = Q_{\text{дв}} \cdot \beta_{\text{відкр}},$$

де:  $Q_{\text{дв}}$  - тепловтрати через зовнішні двері, кВт;

$\beta_{\text{відкр}}$  – коефіцієнт добавки на відкривання дверей, для одинарних дверей  $\beta_{\text{відкр}}=3$ .

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін, незалежно від орієнтації. Тоді втрати на інфільтрацію повітря через зовнішні двері складають:

$$Q_{\text{дв}}^{\text{відкр}} = 0,87 \cdot 3 = 2,61 \text{ кВт}.$$

2) Додаткові втрати через нещільність вікон обчислюються як:

$$Q_{\text{вік}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G \cdot F \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.ср.}}) \cdot 10^{-3},$$

де:  $F$  – площа віконного прорізу,  $\text{м}^2$ ;

$c$  – питома теплоємність повітря,  $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{C}$ ;

$G$  – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, приймається  $6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ;

Тоді втрати теплоти на інфільтрацію через зовнішні вікна складає:

$$Q_{\text{вік}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 631 \cdot 1,005 \cdot (21 + 0,1) \cdot 10^{-3} = 22,47 \text{ кВт}.$$

3) Втрати теплоти через нещільність зовнішніх дверей обчислюються аналогічно:

$$Q_{\text{ов}}^{\text{инф}} = G \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.ср.}}),$$

де:  $G$  – витрата інфільтрованого повітря вираховується за формулою:

$$G = b \cdot l \cdot v \cdot m,$$

де:  $b$  – ширина встановленої дверної нещільності, 0,005 м)

$l$  – ширина нещільності дверного прорізу двері, 55,96 м;

$v$  – середня швидкість інфільтрованого повітря (приймається 0,5 м/с);

$m$  – маса 1 м<sup>3</sup> повітря (приймається 1,29 кг).

$$G = 0,005 \cdot 55,96 \cdot 0,5 \cdot 1,29 = 0,18 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

$$Q_{\text{ов}}^{\text{инф}} = 0,18 \cdot 1,005 \cdot (21 + 0,1) = 3,8 \text{ кВт}.$$

Таким чином, загальні додаткові витрати на інфільтрацію повітря складають:

$$Q_{\Sigma}^{\text{инф}} = Q_{\text{ов}}^{\text{відкр}} + Q_{\text{ов}}^{\text{инф}} + Q_{\text{вік}}^{\text{инф}} = 2,61 + 3,8 + 22,47 = 28,88 \text{ кВт} = 0,024 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

### 2.3.2 Втрати теплоти в трубопроводах системи опалення

Втрати теплоти в трубопроводах системи опалення, що проходять по не опалювальних підвалах і підпіллях визначаються за формулою:

$$Q_2 = 0,02 \cdot (Q_{\text{огор}} + Q_{\text{инф}}).$$

За формулою маємо:

$$Q_2 = 0,02 \cdot (0,157 + 0,024) = 0,00362 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} = 4,2 \text{ кВт}.$$

### 2.3.3 Надходження теплоти від людей

Знайдемо теплоту, що надходить від людей за виразом:

$$Q_3 = n \cdot q_{\text{я}},$$

де:  $q_{\text{я}}$  – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією



людиною,  $q_{\text{я}} = 85 \text{ Вт/люд.}$ ;

$n$  – кількість людей, які одночасно знаходяться у приміщенні.

Кількість людей осереднена 600 за добу. При знаходженні протягом в середньому 9 годин в школі за добу, отримаємо:

$$n = \frac{600 \cdot 9}{24} = 225 \text{ людей.}$$

Підставимо значення у формулу :

$$Q_3 = n \cdot q_{\text{я}} = 225 \cdot 85 = 19,12 \text{ кВт} = 0,016 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

### 2.3.4 Надходження теплоти від електрообігрівачів

Розрахуємо теплоту, що надходить від електрообігрівачів за виразом:

$$Q_4 = N_{\text{В}} \cdot n \cdot k_{\text{В}} \cdot k_{\text{О}} \cdot k_{\text{З}} \cdot (1 - \eta + k_{\text{Т}} \cdot \eta),$$

де:  $N_{\text{В}}$  - встановлена потужність,  $N_{\text{В}} = 1,5 \text{ кВт}$ ;

$n$  – кількість електрообігрівачів;

$k_{\text{В}} = 0,7$ - коефіцієнт використання встановленої потужності;

$k_{\text{О}} = 0,5$ - коефіцієнт одночасності роботи устаткування;

$k_{\text{З}} = 0,5$ - коефіцієнт середнього завантаження обладнання;

$k_{\text{Т}} = 0,1$  – коефіцієнт переведення механічної енергії в теплову, який враховує, що частина теплоти може бути віддана охолоджуючій емульсії, повітрю або воді та унесена ними з помешкання;

$\eta = 0,8$  – ККД двигуна.

За формулою маємо:

$$Q_4 = 1,5 \cdot 8 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot (1 - 0,8 + 0,1 \cdot 0,8) = 0,588 \text{ кВт} = 0,0005 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}.$$

Отже, сумарне теплове навантаження школи буде:

$$Q_{\text{сум}} = (Q_{\text{огор}} + Q_{\text{инф}}) \cdot b_1 \cdot b_2 + Q_2 - Q_3 - Q_4,$$

де  $b_1$  - коефіцієнт, що враховує додатковий тепловий потік встановлених опалювальних приладів;

$b_2$  - коефіцієнт, що враховує додаткові витрати теплоти приладами, розташованими у зовнішніх огороженнях при відсутності екранів.

Підставивши значення у формулу маємо:

$$Q_{\text{сум}} = (0,157 + 0,024) \cdot 1,13 \cdot 1,01 + 0,00362 - 0,016 - 0,0005 = 0,19 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}} = 220,9 \text{ кВт}.$$

### 2.3.5 Втрати теплоти обумовлені орієнтацією будинку

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни обумовлені орієнтацією будинку і визначаються за формулою:

$$Q_{\text{сст}}^{\text{доо}} = k \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{з}}) \cdot F \cdot \beta_{\text{ор}},$$

де:  $k$  - коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огорожень,  $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ ;

$\beta_{\text{ор}}$  - коефіцієнт добавки на зовнішню стіну стосовно сторін світу, згідно [1].

Таким чином, додаткові витрати на об'єкті складають:

$$Q_{\text{сст}}^{\text{Ін}} = 1,01 \cdot (21 + 0,1) \cdot 502 \cdot 0,1 = 1,069 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{сст}}^{\text{Ідо}} = 1,01 \cdot (21 + 0,1) \cdot 635,68 \cdot 0,02 = 0,27 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{сст}}^{3x} = 1,01 \cdot (21 + 0,1) \cdot 1200 \cdot 0,05 = 1,27 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{сст}}^{\text{Сх}} = 1,01 \cdot (21 + 0,1) \cdot 1200 \cdot 0,06 = 1,53 \text{ кВт}.$$

Отже, сумарні втрати теплоти обумовлені орієнтацією будинку складають:

$$Q_{\text{сст}}^{\text{доо}} = 1,069 + 0,27 + 1,27 + 1,53 = 4,1 \text{ кВт}.$$

### 2.3.6 Надходження теплоти від освітлювальних приладів

Розрахуємо теплоту, що надходить від освітлювальних приладів за формулою:

$$Q_{\text{осв}} = N_{\text{осв}} \cdot k_{\text{осв}} \cdot k_{\text{в.осв}},$$

де:  $N_{\text{осв}}$  – сумарна потужність освітлювальних приладів, кВт;

$k_{\text{осв}}$  - коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні;

$k_{\text{в.осв}}$  - коефіцієнт використання світильників.

При кількості ламп 538 шт. та потужності 1-ї 0,018 кВт, надходження теплоти від люмінесцентних ламп складатиме:

$$Q_{\text{осв1}} = 0,06 \cdot 538 \cdot 0,4 \cdot 0,4 = 5,16 \text{ кВт.}$$

Надходження теплоти від ламп розжарювання складатиме:

Кількість ламп : 37 шт.;

Потужність 1-ї лампи:  $N_{\text{осв2}} = 0,1 \text{ кВт.}$

$$Q_{\text{осв1}} = 0,1 \cdot 372 \cdot 0,4 \cdot 0,95 = 14,13 \text{ кВт.}$$

Сумарне надходження теплоти від освітлювальних приладів складає:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{осв1}} + Q_{\Sigma \text{осв2}} = 5,16 + 14,13 = 19,29 \text{ кВт.}$$

### 2.3.7 Надходження теплоти від сонячної радіації

Розрахуємо теплоту, що надходить від сонячної радіації за формулою:

$$Q_{\text{сон}} = \zeta_{\text{в}} \varepsilon_{\text{в}} (F_{\text{Пн}} I_{\text{Пн}} + F_{\text{С}} I_{\text{С}} + F_{\text{Пд}} I_{\text{Пд}} + F_{\text{З}} I_{\text{З}}) + \zeta_{\text{з л}} \varepsilon_{\text{з л}} F_{\text{сп л}} I_{\text{Г}},$$

де:  $\zeta_{\text{в}}$ ,  $\zeta_{\text{з л}}$  - коефіцієнти, що враховують затінення світлового прорізу відносно вікон і zenітних ліхтарів непрозорими елементами заповнення;

$\varepsilon_{\text{в}}$ ,  $\varepsilon_{\text{зл}}$  - коефіцієнти відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих заповнень вікон і zenітних ліхтарів, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій або за таблицею;

$F_{\text{Пн}}$ ,  $F_{\text{С}}$ ,  $F_{\text{Пд}}$ ,  $F_{\text{З}}$ , - площа світлових прорізів фасадів будинку, відповідно орієнтованих за чотирма сторонами світу,  $\text{м}^2$ ;

$F_{\text{сп л}}$  - площа світлових прорізів zenітних ліхтарів будинку,  $\text{м}^2$ ;

$I_{Пн}, I_C, I_{Пд}, I_З$ ), - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на вертикальну поверхню за умов хмарності, відповідно орієнтована за чотирма фасадами будинку, Вт/м<sup>2</sup> (для проміжних орієнтирів фасадів будинків, що відрізняються від напрямків на Пн, Пд, З, С (ПнЗ, ПнС, ПдЗ, і ПдС), величину сонячної радіації треба визначати за інтерполяцією);

$I_T$  - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, спрямована на горизонтальну поверхню, за умов хмарності, Вт /м<sup>2</sup>.

Для знаходження теплової потужності надходжень від сонячного випромінювання потрібно розділити на час опалювального періоду (4488 год)

$$Q_{сон} = 0,75 \cdot 0,65 \cdot (312,73 \cdot 21,71 + 123,46 \cdot 40 + 78 \cdot 70,42 + 123,46 \cdot 40,5) = 10,75 \text{ кВт.}$$

### Зведена діаграма тепловтрат школи

Представимо отримані результати у вигляді діаграми на рисунку 2.1 , який демонструє розподіл загальних тепловтрат по школі в цілому.

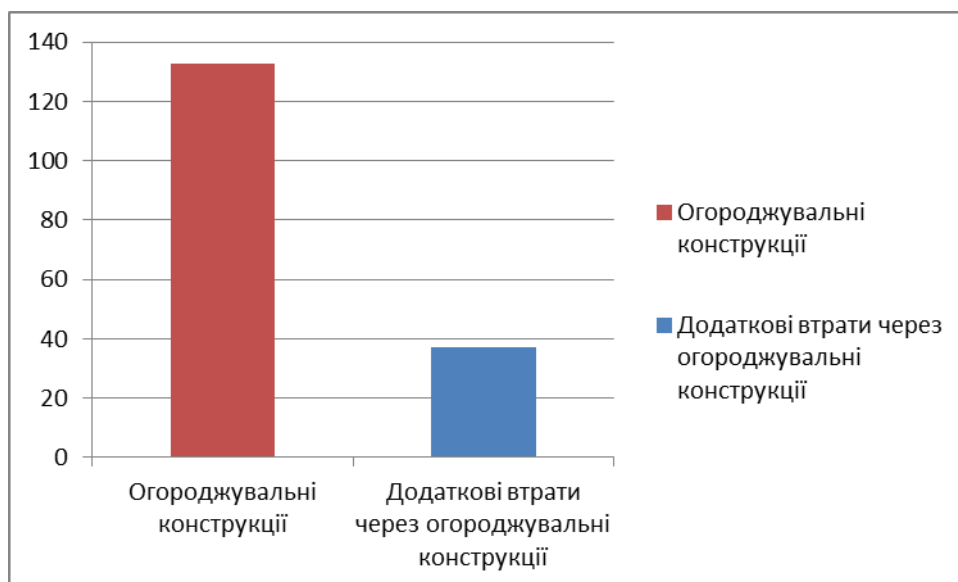


Рисунок 2.1 – Зведена діаграма тепловтрат школи

Як видно з діаграми, найбільша частина тепловтрат, припадає на огорожувальні конструкції, а саме на зовнішні стіни, вікна, та перекриття горища як видно з нижньої діаграми. Тому утеплення зовнішніх конструкцій є основним і першочерговим заходом для енергозбереження.

## Зведена таблиця розрахунків теплової частини

№	Найменування	Позначення	Одиниця виміру	Значення
Вихідні дані				
1	Площа стін	$F_{\text{стін}}$	$\text{м}^2$	3615,05
2	Площа дверей	$F_{\text{дверей}}$	$\text{м}^2$	25
3	Площа вікон	$F_{\text{вікна}}$	$\text{м}^2$	631
4	Площа стелі	$F_{\text{стеля}}$	$\text{м}^2$	1058
5	Площа підлоги	$F_{\text{підлога}}$	$\text{м}^2$	1058
6	Кількість людей	$n$		690
7	Розрахункова температура опалювальних приміщень	$t_{\text{вн}}$	$^{\circ}\text{C}$	+20
8	Температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	$^{\circ}\text{C}$	-22
9	Приведений опір теплопередачі стін	$R_{\Sigma \text{пр с}}$	$\text{м}^2 \cdot \text{K/Вт}$	0,99
10	Приведений опір теплопередачі вікон	$R_{\Sigma \text{пр в}}$	$\text{м}^2 \cdot \text{K/Вт}$	0,45/0,6
11	Приведений опір теплопередачі дверей	$R_{\Sigma \text{пр д}}$	$\text{м}^2 \cdot \text{K/Вт}$	0,6
12	Приведений опір теплопередачі стелі	$R_{\Sigma \text{пр ст}}$	$\text{м}^2 \cdot \text{K/Вт}$	1,46
13	Приведений опір теплопередачі підлоги	$R_{\text{підлоги}}$	$\text{м}^2 \cdot \text{K/Вт}$	1,517
14	Тепловтрати через зовнішні стіни	$Q_{\text{ст}}$	$\text{кВт}$	77,04
15	Тепловтрати через вікна	$Q_{\text{в}}$	$\text{кВт}$	24,91
16	Тепловтрати через двері	$Q_{\text{дв}}$	$\text{кВт}$	0,87
17	Тепловтрати через стелю	$Q_{\text{стеля}}$	$\text{кВт}$	15,29
18	Тепловтрати через підлогу	$Q_{\text{п}}$	$\text{кВт}$	14,71
19	Тепловтрати внаслідок орієнтації школи	$Q_{\text{ст}}^{\text{дод}}$	$\text{кВт}$	4,1
20	Втрати на інфільтрацію повітря школи	$Q_{\Sigma}^{\text{інф}}$	$\text{кВт}$	28,88
21	Втрати теплоти в трубопроводах системи опалення, що проходять по не опалювальним підвалам і підпіллям	$Q_2$	$\text{кВт}$	4,2
22	Надходження теплоти від людей	$Q_3$	$\text{кВт}$	19,12
23	Надходження теплоти від електрообігрівачів	$Q_4$	$\text{кВт}$	0,588
24	Надходження теплоти від освітлювальних приладів	$Q_{\text{осв}}$	$\text{кВт}$	19,29
25	Надходження теплоти від Сонячної радіації	$Q_{\text{сон}}$	$\text{кВт}$	10,83

## Перелік можливих енергозберігаючих заходів для впровадження на об'єкті

1. Проведення термоізоляції зовнішніх стін;
2. Заміна вікон;
3. Улаштування теплоізоляційного рефлектора;
4. Очищення теплообінника

Економія грошових коштів розраховується за тарифом теплової енергії, що складає –1383,54 грн та дійсний з 13 січня 2017 року.

### Захід з енергозбереження №1 – Проведення термоізоляції зовнішніх стін

Для ізоляції огорожувальних конструкцій необхідно визначити товщину та матеріал ізоляції для отримання нормативних значень опорів теплопередачі. Товщина ізоляції обчислюється за формулою:

$$\delta_{iz} = \left[ R_{\min} - \left( \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_s} \right) \right] \cdot \lambda_{iz} = (R_{\min} - R_{факт}) \cdot \lambda_{iz},$$

де:  $R_{\min}$  – мінімальний допустимий опір теплопередачі,  $\frac{m^2 \cdot K}{Bt}$ ;

$R_{факт}$  – фактичний опір теплопередачі,  $\frac{m^2 \cdot K}{Bt}$ ;

$\lambda_{iz}$  - коефіцієнт теплопровідності ізоляції  $\frac{Bt}{m^2 \cdot K}$ .

Для утеплення огорожувальних конструкцій обираємо плити кам'яної вати на основі базальтових порід фірми Ceresit з  $\lambda_{iz} = 0,035 \frac{Bt}{m^2 \cdot K}$ .

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції  $R_{q \min} = 3,3 \frac{m^2 \cdot K}{Bt}$ , згідно [1].

Тоді шар ізоляції рівний:

$$\delta_{iz} = (3,3 - 0,99) \cdot 0,035 \cdot 10^3 = 80 \text{ мм.}$$

Виходячи із розрахунків приймаємо необхідну товщину ізоляції 100 мм.

$$R_{\Sigma} = 0,99 + \frac{0,100}{0,035} = 3,84 \frac{m^2 \cdot K}{Bm}.$$

Утеплення призведе до зменшення основних і додаткових тепловтрат через зовнішні стіни. Нові значення складатимуть:

$$Q_{н.з.} = \frac{3615}{3,46} \cdot (21 + 0,1) \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 22 \text{ кВт}.$$

$$Q_{ст.н.з.}^{доп} = 22 \cdot 0,1 = 2,2 \text{ кВт}.$$

Теплоспоживання об'єкта обчислюється як:

$$W = 0,86 \cdot Q \cdot S \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \text{ Гкал},$$

де: Q – тепловтрати об'єкта, кВт;

S – кількість діб опалювального періоду, S=176.

Зменшення тепловтрат при впровадженні утеплення зовнішніх стін складає:

$$\Delta Q_{н.з.} = 77,04 - 22 = 55,04 \text{ кВт}.$$

Тоді економія теплоспоживання становить:

$$W = 0,86 \cdot 24 \cdot 55,04 \cdot 176 \cdot 10^{-3} = 199,94 \text{ Гкал}.$$

Таким чином, внаслідок утеплення зовнішніх стін економія грошових коштів дорівнює:

$$\Delta P = 199,94 \cdot 1383,54 = 276824 \text{ грн}.$$

Вартість 1 м<sup>2</sup> утеплювача Ceresit товщиною 100 мм становить 400 грн.  
Орієнтовна кошторисна вартість утеплення фасаду становить – **1444800 грн.**

Строк окупності утеплення фасаду:

$$T_{ок} = \frac{I}{E},$$

$$T_{ок} = \frac{1444800}{276824} = 5 \text{ років і 2 місяці}.$$



## Захід з енергозбереження №2 – Заміна вікон

Розрахунки існуючого стану тепловтрат показали, що наявні суттєві тепловтрати через зовнішні вікна. Рекомендується замінити старі вікна на нові з енергозберігаючим двокамерним склопакетом. Енергозберігаючі склопакети виробляють із скла з напиленням іонів срібла. Опір теплопередачі для таких вікон становить  $0,75 \text{ (м}^2\cdot\text{К)/Вт}$ .

Розрахуємо тепловтрати через нові енергозберігаючі вікна:

$$Q = \frac{F}{R} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з.ср.}}).$$

$$Q_{\text{н.з.}} = \frac{245}{0,75} \cdot (21 + 0,1) = 6,8 \text{ кВт}.$$

Отже економія тепловтрат складатиме:

$$\Delta Q_{\text{н.з.}} = 11,48 - 6,8 = 4,68 \text{ кВт}.$$

Тоді економія теплоспоживання становить:

$$W = 0,86 \cdot 24 \cdot 4,68 \cdot 176 \cdot 10^{-3} = 17,19 \text{ Гкал}.$$

Таким чином, внаслідок заміни вікон економія грошових коштів становить:

$$\Delta P = 17,19 \cdot 1383,54 = 23783,05 \text{ грн}.$$

Вартість  $1 \text{ м}^2$  енергозберігаючого двокамерного вікна – 2000 грн.

Орієнтовна кошторисна вартість заміни вікон становить **490000 грн.**

Строк окупності заміни вікон становить:

$$T_{\text{ок}} = \frac{490000}{23783,05} = 20 \text{ років } 6 \text{ місяців}.$$

### Захід з енергозбереження №3 - Улаштування теплоізоляційного рефлектора

Радіатори системи опалення розташовуються, частіше за все, під вікнами. Таким чином частина теплового потоку від радіаторів витрачається на прогрів стіни.

Найпростіший спосіб збільшення температури в приміщеннях на кілька градусів - використання тепловідбиваючого матеріалу. Для збільшення тепловіддачі за батареї поміщають теплоізоляційний рефлектор завтовшки 5 – 7 мм з поверхнею із фольги (наприклад, пінофол, пінопропілен).

Тепловідбиваючий матеріал з поверхнею із фольги перешкоджає нагріванню стіни та підвищує температуру у приміщенні на 2 – 3 градуси без додаткових витрат на збільшення температури теплоносія.

Площа стін, що знаходиться за радіаторами (площа, на яку необхідно буде встановити екрани) становить  $F_{ст.рад.} = 60,41 м^2$ .

Втрати через таку площу стіни до встановлення екранів:

$$Q_{ст.рад.} = F_{ст.рад.} \cdot k_{ст.} \cdot (t_в - t_н) \cdot \beta_{зл.ст.} = 60,41 \cdot 1,01 \cdot (21 + 22) \cdot 1,1 = 2,88 \text{ кВт}.$$

Втрати через таку площу стіни після встановлення екранів:

$$Q_{ст.рад+екр.} = F_{ст.} \cdot \frac{1}{k_{ст.} + k_{екр.}} \cdot (t_в - t_н) \cdot \beta_{зл.ст.} = 60,41 \cdot \frac{1}{1,01 + 0,049} \cdot (21 + 22) \cdot 1,1 = 2,6 \text{ кВт}.$$

Різниця між втратами:

$$Q_{\Delta} = Q_{ст.рад.} - Q_{ст.рад+екр.} = 2,88 - 2,6 = 0,28 \text{ кВт} = 240,9 \frac{\text{ккал}}{\text{год}}.$$

На даний момент плата за 1 Гкал складає 1383,5 грн/Гкал. Для шкіл тривалість опалювального сезону приймаємо 176 діб.

Знайдемо економію теплоти за опалювальний сезон:

$$Q_{\Delta річ} = Q_{\Delta} \cdot 24 \cdot 176 = 240,9 \cdot 24 \cdot 176 = 1017561,6 \frac{\text{ккал}}{\text{рік}} = 1,07 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Річна економія витрат становитиме:

$$B = Q_{\Delta p_{\text{річ}}} \cdot b = 1,07 \cdot 1383,54 = 1480,38 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Витрати на встановлення екранів (обираємо екран товщиною 3 мм, вартістю 45 грн./м<sup>2</sup>) становитимуть:

$$K = F_{\text{ст. рад.}} \cdot C = 60,41 \cdot 45 = 2718,45 \text{ грн.}$$

Термін окупності проекту:

$$T = \frac{K}{B} = \frac{2718,45}{1480,38} = 1 \text{ рік і } 8 \text{ місяці.}$$

Оскільки термін окупності не значний, то даний ЗЕЗ може бути прийнятий як необхідний. Зважаючи на те, що термін служби пінофолу складає від 30 до 50 років, а витрати на його встановлення не значні.

#### **Захід з енергозбереження №4 – Очищення теплообмінника**

Дуже рідко в обох контурах теплообмінника використовується дистильована вода або Antifrogen, тому неминуче утворення органічних і неорганічних відкладень. Також не рідкісні випадки механічних засмічень пластинчастих теплообмінників через попадання в воду крупного сміття, який застряє між пластинами.

Все це призводить до погіршення фізичних параметрів теплообмінника (коефіцієнт теплопередачі, тиск в системі, витрата води), підвищення витрат на енергоресурси, а в окремих випадках і до виведення з ладу теплообмінника, аж до аварійних ситуацій.

За 2017 рік школа спожила – 644,61 Гкал. При забрудненні теплообмінного апарата коефіцієнт теплопередачі зменшується на 10-15%. В таких випадках рекомендовано проводити його очистку.

При зменшенні коефіцієнта теплопередачі на 10% від теплообмінника до школи не надходить необхідна кількість теплоти, а саме:

$$Q_{\Delta} = Q_1 \cdot 0,1 = 644,61 \cdot 0,1 = 64,461 \text{ Гкал.}$$

Цю різницю покривають за рахунок використання електрообігрівачів.

Очищення теплообмінника призведе до збільшення надходження теплової енергії до школи та до створення комфортних умов перебування у приміщенні.

## 2.5 Розрахунок теплового навантаження будівлі за нормативним методом

Розраховуємо опір теплопередачі для даного міста та даної характеристики зовнішньої стіни.

Таблиця 2.7 – Розрахункові дані

№ шару	Найменування шару	Товщина $\delta$ , м	Теплопровідність $\lambda_{ip}$ , Вт/(м·К)
1	Цегла на глиняному розчині	0,64	0,81
2	Зовнішня цементно-піщанна штукатурка	0,025	1,2
3	Внутрішня цементно-піщанна штукатурка	0,035	1,2

Місто Київ знаходиться у I-й температурній зоні України. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни (згідно з ДБН В.2.6-31:2006) становить  $R_{qmin} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Опір теплопередачі для даної конструкції:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1p}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2p}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3p}} + \frac{1}{\alpha_3},$$

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,64}{0,81} + \frac{0,025}{1,2} + \frac{0,035}{1,2} + \frac{1}{23} = 0,99 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

За аналогією розраховуємо опір теплопередачі для неопаленого горища, вікон, дверей та неопалюваного підвалу. Результати розрахунку зведенні до таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – Розрахунок опору теплопередачі

Огородження	Шар	$\delta, \text{м}$	$\lambda, \text{Вт/м} \cdot \text{К}$	$\alpha_{\text{вн}}, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	$\alpha_{\text{з}}, \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$	$R, \text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$
Зовнішні стіни	Цегла на глин розчині	0,64	0,81	8,7	23	0,999
	Зовнішня цементно-піщанна штукатурка	0,025	1,2			
	Внутрішня цементно-піщанна штукатурка	0,035	1,2			
	Зовн. штукатурка	0,02	0,93			
Вікна				8,7	23	0,34
Горищне покриття	Залізобетонні плити	0,25	1,7	8,7	12	1,956
	Шлакобетон	0,03	0,06			
	Вапняно-піщана стяжка	0,03	0,87			
	Гідроізоляція	0,003	0,7			
	Гравій керамзитовий	0,15	0,14			
Неопал. підвал	Залізобетонне покриття	0,22	2,04	8,7	6	0,434
	Шлакобетон	0,15	0,05			
	Теплоізоляц. стяжка	0,05	0,17			
	Плита керамічна	0,012	0,64			
Двері				8,7	23	0,6

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі  $k \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ , тобто  $U$ -фактор, який в свою чергу розраховується за формулою:

$$k = \frac{1}{R}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Розрахункові дані огорожувальних конструкцій 4 поверхового будинку запишемо в таблицю 2.9

Таблиця 2.9 - Розрахункові данні

№	Огороджувальні конструкції	Площа	Приведений опір теплопередачі	U-фактор, W/(m <sup>2</sup> ·K)	Коефіцієнти		Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією
		A <sub>i</sub> , m <sup>2</sup>	R, m <sup>2</sup> ·K/W		b <sub>tr,x,H</sub>	b <sub>tr,x,C</sub>	H <sub>D</sub> , W/K
1	Зовнішні стіни, в тому числі орієнтовані на:	2901	0,999	1,001	1	1	3340,379
	- північ	424					
	- схід	1077					
	- південь	323					
	- захід	1077					
2	Горищне покриття	1058	1,498	0,667	1	1	864,792
3	Перекриття над техпідпіллям	1058	1,471	0,680	1	1	878,159
4	Вікна в тому числі орієнтованих на:	636	0,44	2,273	1	1	1445,455
	- північ	78					
	- схід	123					
	- південь	312					
	- захід	123					
5	Двері	25	0,6	1,667	1	1	41,667
6	Σ						6570,5

## 2.6 Теплопередача трансмісією

### 2.6.1 Сумарна теплопередача трансмісією через зону будівлі

Сумарну теплопередачу трансмісією  $Q_{tr}$ , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної зони за формулами:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\theta_{int,set,H} - \theta_e) t$$

де  $H_{tr,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією зони, Вт/К, встановлений для різниці температур всередині-зовні;

$\theta_{int,set,H}$  – задана температура зони будівлі для опалення, °С;

$\theta_{int,set,C}$  – задана температура зони будівлі для охолодження, °С;

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

$t$  – тривалість місяцю для якого проводиться розрахунок, год, визначена згідно з додатком А.

Обрахунки ведуться для всіх місяців опалювального періоду.

На прикладі представимо розрахунки для місяця січень. Всі інші місяці рахуємо аналогічно. Результати зведемо до таблиці 2.1.

## 2.7 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією  $H_{tr,adj}$ , Вт/К, повинно бути розраховане за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A,$$

де  $H_D$  – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

$H_g$  – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

$H_U$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані об'єми, Вт/К;

$H_A$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

В загальному випадку  $H_x$ , що відображає  $H_D$ ,  $H_g$ ,  $H_U$  або  $H_A$ , складається з трьох доданків та розраховується за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \left[ \sum_i A_i \cdot U_i + \sum_k l_k \cdot \psi_k + \sum_j \chi_j \right],$$

де  $A_i$  – площа  $i$ -го елемента оболонки будівлі, м<sup>2</sup>;

$U_i$  – коефіцієнт теплопередачі  $i$ -го елемента оболонки будівлі, Вт/(м<sup>2</sup>·К), що становить  $U_i = 1/R_{\Sigma i}$  ;

$R_{\Sigma i}$  – опір теплопередачі  $i$ -го елемента оболонки будівлі, м<sup>2</sup>·К/Вт, що для непрозорих елементів визначають згідно з ДСТУ Б В.2.6-189;

$\Psi_k$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі  $k$ -го лінійного теплопровідного включення, Вт/(м·К)

$l_k$  – довжина  $k$ -го лінійного теплопровідного включення, м;

$\chi_j$  – точковий коефіцієнт теплопередачі  $j$ -го точкового теплопровідного включення, Вт/К,

$b_{tr,x}$  – поправочний коефіцієнт, що становить 1.

Таблиця 2.10 – Розрахунок трансмісійних тепловтрат

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t, год	$H_D, \text{Вт/К}$	$H_g, \text{Вт/К}$	$H_{tr}, \text{Вт/К}$	$Q_{tr H}, \text{кВт}\cdot\text{год}$	$Q_{tr C}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1	-4,7	744	9282,61	112,997	9395,61	88012,994	152655,306
2	-3,6	672				74555,202	132941,807
3	1	744				59669,826	124312,138
4	9	720				19248,331	81805,407
5	15,2	744				-10939,468	53702,844
6	18,3	720				-25504,039	37053,037
7	19,8	744				-33812,902	30829,410
8	19	744				-29834,913	34807,399
9	13,9	720				-4330,874	58226,202
10	8,1	744				24365,179	89007,491
11	1,9	720				53414,119	115971,195
12	-2,5	744				77073,526	141715,838
$\Sigma$						291916,981	1053028,04



## 2.8 Теплопередача вентиляцією

### 2.8.1 Сумарна теплопередача вентиляцією через зону будівлі

Сумарну теплопередачу вентиляцією  $Q_{ve}$ , Вт·год, розраховують для кожного місяця та для кожної  $z$ -ої зони за формулами:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\theta_{int,set,H,z} - \theta_e) t,$$

де  $H_{ve,adj}$  – загальний коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$  – задана температура зони будівлі для опалення, °С;

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього середовища, °С;

$t$  – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

### 2.8.2 Узагальнені коефіцієнти теплопередачі вентиляцією.

#### Загальні положення

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією  $H_{ve,adj}$ , Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a \left( \sum_k b_{ve,k} q_{ve,k,mn} \right),$$

де  $\rho_a c_a$  – теплоємність повітря одиниці об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м<sup>3</sup>·К);

$q_{ve,k,mn}$  – усереднена за часом витрата повітря від  $k$ -го елемента, м<sup>3</sup>/год, визначають згідно з 9.2.1.2;

$b_{ve,k}$  – температурний поправочний коефіцієнт для  $k$ -го елемента повітряного потоку, зі значенням  $b_{ve,k} \neq 1$ , якщо температура припливного повітря  $\theta_{sup,k}$  не дорівнює температурі зовнішнього середовища, як у випадку попереднього нагріву, попереднього охолодження чи утилізації теплоти;

$k$  – представляє кожен із відповідних елементів повітряного потоку, таких як інфільтрація, природна вентиляція, механічна вентиляція тощо.

Усереднену за часом витрату повітря  $k$ -го елемента повітряного потоку  $q_{ve,k,mn}$ , м<sup>3</sup>/год, розраховують за формулою:

$$q_{ve,inf,mn} = n_{inf,mn} \cdot V,$$

де,  $n_{inf,mn}$  – кратність повітрообміну за рахунок інфільтрації, враховуючи вплив механічної вентиляції, год<sup>-1</sup>;

$V$  – кондиціонований об'єм зони/будівлі, м<sup>3</sup>;

Розрахунок для місяця січень, всі інші за аналогією. Результати зведемо в таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Теплопередача природною вентиляцією

Місяць	$\theta_e$ , °C	t, год	$H_{ve}$ , Вт/К	$Q_{ve H}$ , кВт·год	$Q_{ve C}$ , кВт·год
1	-4,7	744	2991,43	39393,563	68326,689
2	-3,6	672		33370,017	59503,163
3	1	744		26707,501	55640,626
4	9	720		8615,323	36615,122
5	15,2	744		-4896,375	24036,751
6	18,3	720		-11415,303	16584,496
7	19,8	744		-15134,250	13798,875
8	19	744		-13353,750	15579,375
9	13,9	720		-1938,448	26061,351
10	8,1	744		10905,563	39838,688
11	1,9	720		23907,521	51907,320
12	-2,5	744		34497,188	63430,314
$\Sigma$				130658,549	471322,771

## 2.9 Внутрішні тепло надходження

Внутрішні теплонадходження, теплонадходження від внутрішніх теплових джерел, включаючи від'ємні теплонадходження (розсіяна теплота від

внутрішнього середовища до холодних джерел або «стоки»), складаються з будь-якої теплоти, що створюється в кондиціонованому об'ємі внутрішніми джерелами, крім тої, що навмисно використовується для опалення, охолодження або ГВП.

Внутрішні теплонадходження включають:

- метаболічну теплоту від людей та розсіяну теплоту від обладнання;
- теплоту, розсіяну від освітлювальних приладів;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами гарячої і водопровідної води та каналізації;
- теплоту, розсіяну від або поглинуту системами опалення, охолодження та вентиляції;
- теплоту від або до процесів та продукції.

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі, що розглядається,  $Q_{\text{int}}$ , Вт·год, для визначеного місяця розраховують за формулою:

$$Q_{\text{int}} = \left( \sum_k \Phi_{\text{int,mn},k} A_f \right) t,$$

де  $\Phi_{\text{int,mn},k}$  – усереднений за часом тепловий потік від  $k$ -го внутрішнього джерела, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_f$  – кондиціонована площа зони будівлі, м<sup>2</sup>;

$t$  – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

$$\Phi_{\text{int,mn},k} = \frac{50}{168} \cdot (4 + 7 + 6) = 5,059, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2},$$

$$Q_{\text{int}} = (5,059 \cdot 1058 \cdot 4) \cdot 744 = 18734,21 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Для інших місяців результати запишемо до таблиці 2.12

Таблиця 2.12 – Внутрішні тепло надходження

Місяць	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t, год	$\Phi_{\text{int}}, \text{Вт/м}^2$	$Q_{\text{int}}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
1	-4,7	744	5,950	18734,218
2	-3,6	672		16921,229
3	1	744		18734,218
4	9	720		18129,888
5	15,2	744		18734,218
6	18,3	720		18129,888
7	19,8	744		18734,218
8	19	744		18734,218
9	13,9	720		18129,888
10	8,1	744		18734,218
11	1,9	720		18129,888
12	-2,5	744		18734,218
$\Sigma$				220580,304

## 2.10 Сонячні теплонадходження

Джерелом теплових надходжень від сонця є сонячна радіація, режим якої характерний у даній місцевості, та визначається орієнтацією сприймаючих поверхонь, постійним чи рухомим затіненням, пропусканням та поглинанням сонячної енергії й характеристиками теплопередачі сприймаючих поверхонь. Коефіцієнт, що включає характеристики та площу сприймаючих поверхонь (включно з впливом затінення), називається еквівалентною площею інсоляції.

### 2.10.1 Загальні сонячні тепло надходження

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця  $Q_{\text{sol}}, \text{Вт}\cdot\text{год}$ , розраховують за формулою:

$$Q_{\text{sol}} = \left( \sum_k \Phi_{\text{sol}, \text{mn}, k} \right) t,$$

де  $\Phi_{\text{sol,mn},k}$  – усереднений за часом тепловий потік від  $k$ -го джерела сонячного випромінювання, Вт;

$t$  – тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах.

### 2.10.2 Сонячні надходження через елементи будівлі

Сонячні теплонадходження через  $k$ -ий елемент будівлі  $\Phi_{\text{sol},k}$ , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{sol},k} = F_{\text{sh,ob},k} A_{\text{sol},k} I_{\text{sol},k} - F_{\text{r},k} \Phi_{\text{r},k},$$

де  $F_{\text{sh,ob},k}$  – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції  $k$ -ої поверхні;

$A_{\text{sol},k}$  – еквівалентна площа інсоляції  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі,  $\text{м}^2$ , визначена згідно з 11.3.3 (скління), 11.3.4 (непрозорі елементи), 11.3.5 (особливі елементи);

$I_{\text{sol},k}$  – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі  $k$ -ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності  $\text{Вт/м}^2$ ;

$F_{\text{r},k}$  – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають:  $F_{\text{r}} = 1$  – для незатіненого горизонтального даху,  $F_{\text{r}} = 0,5$  – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{\text{r},k}$  – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від  $k$ -го елемента будівлі.

### 2.10.3 Еквівалентна площа інсоляції зашкленних елементів

Еквівалентну площу інсоляції зашкленого елемента оболонки (наприклад, вікна)  $A_{sol}$ , м<sup>2</sup>, розраховують за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p},$$

$$A_{sol} = F_{sh,gl} g_{gl} (1 - F_F) A_{w,p},$$

де  $F_{sh,gl}$  – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів, визначений згідно з 11.4.1. У випадку відсутності засобів рухомого затінення  $F_{sh,gl} = 1$ ;

$g_{gl}$  – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозо-рої частини елемента,

$F_F$  – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції зашкленого елемента  $A_{w,p}$  – загальна площа проекції зашкленого елемента (наприклад, площа вікна), м<sup>2</sup>.

Для вікон чи інших зашкленних елементів оболонки з нерозсіювальним склінням коефіцієнт пропускання сонячної енергії для випромінювання, перпендикулярного до скління  $g_n$  необхідно розраховувати з урахуванням оптичних властивостей багатошарового скління або приймати згідно з даними таблиці 11.

Через те, що осереднений за часом загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії – це параметр, значення якого дещо нижче за  $g_n$ , то для його обчислення використовують поправочний коефіцієнт  $F_w$ , як наведено у формулі:

$$g_{gl} = F_w g_n = 0,75 \cdot 0,9 = 0,675$$

де  $F_w$  – поправочний коефіцієнт для нерозсіюючого скління, приймають  $F_w = 0,90$

### 2.10.4 Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів будівлі

Еквівалентну площу інсоляції непрозорої частини оболонки будівлі  $A_{sol}$ , м<sup>2</sup>, розраховують за формулою:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c,$$

де  $\alpha_{s,c}$  – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, приймають;

$R_{se}$  – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м<sup>2</sup>·К/Вт, приймають 0,043 м<sup>2</sup>·К/Вт;

$U_c$  – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м<sup>2</sup>·К); для фасадної теплоізоляції з вентильованим повітряним прошарком та вентильованих горищних покриттів значення  $U_c$  необхідно помножити на коефіцієнт 0,04;

$A_c$  – площа проекції непрозорої частини, м<sup>2</sup>.

### 2.10.5 Теплове випромінювання в атмосферу

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі  $\Phi_r$ , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er},$$

де  $R_{se}$  – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м<sup>2</sup>·К/Вт, приймають 0,043 м<sup>2</sup>·К/Вт;

$U_c$  – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$A_c$  – площа проекції елемента, м<sup>2</sup>;

$h_r$  – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\Delta\theta_{\text{er}}$  – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, °C, для помірних широт приймають  $\Delta\theta_{\text{er}} = 11$  К.

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні  $h_r$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), може бути наближено розрахований за формулою:

$$h_r = 4\varepsilon\sigma(\theta_{ss} + 273)^3,$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт поглинання теплового випромінювання зовнішньою поверхнею огороження, приймають за довідковими даними залежно від її типу;

is the emissivity for thermal radiation of the external surface

значення коефіцієнта випромінювання для теплового випромінювання зовнішньої поверхні

$\sigma$  – стала Стефана-Больцмана:  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>);

$\theta_{ss}$  – середньоарифметичне значення поверхневої температури та температури атмосфери, °C.

При першому наближенні,  $h_r$  приймають рівним  $5\varepsilon$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), що відповідає середній температурі 10 C.

Для світлопрозорих огорожень:

	Aw, м <sup>2</sup>	Asol, м <sup>2</sup>	Φr, Вт
Пн	78	36,855	264,128
Сх	123	58,1175	416,509
Пд	312	147,42	1056,510
Зх	123	58,1175	416,509



Для несквітлопрозорих огорожень

	$A_w, \text{м}^2$	$A_{sol}, \text{м}^2$	$\Phi_r, \text{Вт}$
Пн	424	7,30343	933,926
Сх	1077	18,5514	2372,261
Пд	323	5,5637	711,458
Зх	1077	18,5514	2372,261
Дах	1058	27,3258	2330,411

Таблиця 2.13 – Вихідні данні до розрахунку

		$I_{sol}, \text{Вт/м}^2$				
Місяць	t, год	Пн	Сх	Пд	Зх	гор
1	744	13	21	50	22	32
2	672	24	36	70	38	59
3	744	35	58	90	61	101
4	720	39	77	92	73	149
5	744	56	104	101	99	211
6	720	67	111	96	105	228
7	744	61	108	98	104	220
8	744	40	93	106	89	185
9	720	29	70	102	66	130
10	744	19	38	75	37	71
11	720	11	13	39	17	31
12	744	9	14	35	15	22

Таблиця 2.14 – Теплове випромінювання

Місяць	t, год	$\Phi_{sol\text{вк}}, \text{Вт}$	$\Phi_{sol\text{ст}}, \text{Вт}$	$\Phi_{sol\text{дах}}, \text{Вт}$	$Q_{sol}, \text{кВт год}$	$Q_{gn}, \text{кВт год}$
1	2	3	4	5	6	7
1	744	10144,103	-2024,113	-1455,987	4958,018	23692,236
2	672	14427,788	-1257,408	-718,191	8367,871	25289,099
3	744	20396,880	-230,983	429,490	15322,968	34057,186
4	720	22640,783	384,452	1741,126	17831,780	35961,668
5	744	27674,325	1541,908	3435,323	24292,757	43026,975
6	720	28098,158	1835,596	3899,860	24360,202	42490,090

Продовження таблиці 2.14

7	744	27939,398	1728,697	3681,254	24811,915	43546,133
8	744	26601,278	1063,292	2724,853	22609,731	41343,948
9	720	22932,788	107,335	1221,937	17468,683	35598,571
10	744	15038,730	-1247,555	-390,282	9970,264	28704,482
11	720	6821,483	-2341,089	-1483,312	2157,898	20287,786
12	744	6099,975	-2396,502	-1729,244	1468,826	20203,044

## 2.11 Динамічні параметри

Динамічний метод моделює теплові опори, теплоємності, теплонадходження від сонця та внутрішніх теплових джерел у зоні будівлі.

У методиці згідно з цим стандартом, динамічні впливи враховують шляхом введення коефіцієнта використання надходжень для опалення та коефіцієнта використання втрат для охолодження. Вплив інерції у випадку переривчастого опалення чи його вимкнення враховується окремо.

### 2.11.1 Коефіцієнт використання надходжень для опалення

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення  $\eta_{H,gn}$  — це функція співвідношення надходжень і втрат теплоти,  $\gamma_H$ , та числового параметра  $a_H$ , який залежить від інерції будівлі, як наведено у формулах:

$$\text{якщо } \gamma_H > 0 \text{ та } \gamma_H \neq 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{1 - \gamma_H^{a_H}}{1 - \gamma_H^{a_H + 1}},$$

$$\text{якщо } \gamma_H = 1: \quad \eta_{H,gn} = \frac{a_H}{a_H + 1},$$

$$\text{якщо } : \gamma_H < 0 \text{ та } Q_{H,gn} > 0 \quad \eta_{H,gn} = 1 / \gamma_H,$$

$$\text{якщо } : \gamma_H \leq 0 \text{ та } Q_{H,gn} \leq 0 \quad \eta_{H,gn} = 1$$

$$\text{при:} \quad \gamma_H = \frac{Q_{H,gn}}{Q_{H,ht}},$$

де (для кожного місяця та для кожної зони будівлі):

$\gamma_H$  – безрозмірне співвідношення надходжень і втрат теплоти для режиму опалення;

$Q_{H,ht}$  – сумарна теплопередача для режиму опалення, Вт·год;

$Q_{H,gn}$  – сумарні теплонадходження для режиму опалення, Вт·год;

$a_H$  – безрозмірний числовий параметр, що залежить від часової константи будівлі,  $\tau_H$ , визначений за формулою:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}} = 1 + \frac{29,917}{15} = 2,994,$$

де  $a_{H,0}$  – довідковий безрозмірний числовий параметр, що приймають рівним 1,0;

$\tau$  – часова константа зони будівлі, год, визначена згідно з 12.4;

$\tau_{H,0}$  – довідкова часова константа, що приймають рівною 15 год.

### 2.11.2 Часова константа будівлі

Часова константа зони будівлі  $\tau$ , год, характеризує внутрішню теплову інерцію кондиціонованої зони, як для періоду опалення, так і для періоду охолодження. Її розраховують за формулою:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}$$

де  $C_m$  – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт·год /К;

$H_{tr,adj}$  – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$H_{ve,adj}$  – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

Репрезентативні значення  $H_{tr,adj}$  і  $H_{ve,adj}$  – є значеннями, що є показовими для домінуючого сезону опалення: місячні величини для січня.

Внутрішню теплоємність будівлі або зони будівлі,  $C_m$ , Вт·год/К, розраховуються за формулою:

$$C_m = C \cdot A_f = 35 \cdot 274,5 \cdot 9 = 86467,5 \text{ Вт·год/К}$$

де  $C$  – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі на одиницю площі, Вт·год/(м²·К);

$A_f$  – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

Данні розрахунки помісячно зведемо до таблиці 7.1

Таблиця 2.15. – Розрахунки динамічних параметрів для охолодження

Місяць	$\gamma_c$	$C_m$	$\tau$	$\alpha_c$	$\eta_c$	$Q_{c,nd}$ , кВт год
1	0,107	338560,0	34,994	3,333	0,107	0
2	0,131				0,131	0
3	0,189				0,189	0
4	0,304				0,300	0
5	0,553				0,516	0,000
6	0,792				0,673	6391,300251
7	0,976				0,760	9642,957478
8	0,821				0,688	6667,629611
9	0,422				0,408	0
10	0,223				0,222	0
11	0,121				0,121	0
12	0,098				0,098	0

Таблиця 2.16 - Розрахунок енергопотребі для опалення

Місяць	$Q_{H,tr}$ , кВт·г од	$Q_{H,ve}$ , кВт·го д	$Q_{H,ht}$ , кВт·год	$Q_{H,sol}$ , кВт год	$Q_{H,int}$ , кВт·год	$Q_{H,gn}$ , кВт год	$\gamma_H$	$\eta_H$ , gn	$Q_{h,nd}$ , кВт·год
Січень	88012,9	39393,563	127406,557	4958,018	18734,218	23692,236	0,186	1,00	103714,322
Лютий	74555,2	33370,017	107925,219	8367,871	16921,229	25289,099	0,234	1,00	82636,120



## 2.12 Сумарне енергоспоживання системами опалення

### 2.12.1 Тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення

Розрахунок загальних тепловтрат підсистем тепловіддачі/виділення виконують помісячно згідно з ДСТУ Б EN 15316-2-1 з використання ефективності, за формулою:

$$Q_{H,em,ls} = \left( \frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{emission}} - 1 \right) \cdot Q_{em,out},$$

де  $Q_{H,em,ls}$  – загальні тепловтрати підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт·год;

$Q_{em,out}$  – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення за конкретний місяць, Вт·год, є енергопотребою для опалення за конкретний місяць  $Q_{H,nd}$ ;

$f_{hydr}$  – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи, система Однотрубна (змінний гідравлічний режим). Система налагоджена. Наявні автоматичні регулятори (обмежувачі) витрати зі стабілізацією температури теплоносія на виході зі стояка (горизонтальної вітки) тому приймаємо 1,01;

$f_{im}$  – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення приймаємо 1;

$f_{rad}$  – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку (тільки для променевих систем опалення) приймаємо 1;

$\eta_{emission}$  – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні, що визначають за формулою:

$$\eta_{emission} = \frac{1}{(4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb}))} = \frac{1}{(4 - (0,86 + 0,875 + 1))} = 0,79,$$

$\eta_{str}$  – складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення;

$\eta_{ctr}$  – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення та приймаємо 0,86, тому, що відсутнє регулювання 21

$\eta_{emb}$  – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень (для вбудованих систем) та приймаємо 1.

Складову загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення  $\eta_{str}$  розраховують, як середнє значення "температурного напору" та "питомих тепловтрат зовнішніх огорожувальних конструкцій" за формулою:

$$\eta_{str} = \frac{\eta_{str1} + \eta_{str2}}{2} = \frac{0,88 + 0,87}{2} = 0,875,$$

### 2.12.2 Енергія входу до підсистеми тепловіддачі/виділення

Енергію входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі/виділення, розраховують за формулою:

$$Q_{H,em,ls} = Q_{H,em,out,i} - kW_{H,em,aux,i} + Q_{H,em,ls,nrvd,i}$$

де  $Q_{H,em,in,i}$  – енергія входу, що необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год;

$Q_{H,em,out,i}$  – енергія виходу підсистеми тепловіддачі за  $i$ -й місяць, дорівнює енергопотребі  $Q_{H,nd,i}$  для визначеної комбінації зон, що обслуговуються даною підсистемою тепловіддачі, Вт·год;

$k$  – коефіцієнт для розрахунку утилізованої частини додаткової енергії впродовж  $i$ -го місяця, показує, що частину додаткової енергії можна утилізувати безпосередньо в підсистемах тепловіддачі як теплоту; приймають  $k = 0,8 \cdot \eta_{H,gn,i}$ ;

$W_{H,em,aux}$  – додаткова енергія впродовж  $i$ -го місяця, Вт·год;

Тоді, формула може бути перетворена наступним чином:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out,i} - kW_{H,em,aux,i} + (1 - 0,8 \cdot \eta_{H,gn,i}) \cdot Q_{H,em,ls,i}$$

## Результати зведені до таблиці 2.18

Місяць	$Q_{H,em,out,i}$ , кВт·год	$(\frac{f_{hydr} \cdot f_{in} \cdot f_{rad}}{\eta_{emission}} - 1)$	$Q_{H,em,ls,i}$ , кВт·год	k	$W_{H,em,aux,i}$ , кВт·год	$Q_{H,em,in,i}$ , кВт·год
Січень	103714,322	0,278	28882,468	0,800	0,124	109490,716
Лютий	82636,120	0,278	23012,589	0,800	0,112	87238,548
Березень	52320,141	0,278	14570,165	0,800	0,124	55234,075
Квітень	2003,855	0,278	558,035	0,531	0,120	2265,678
Травень	0	0	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0	0	0
Жовтень	5560,825	0,278	1548,584	0,673	0,124	6067,066
Листопад	57033,853	0,278	15882,844	0,800	0,120	60210,326
Грудень	91367,670	0,278	25444,160	0,800	0,124	96456,403
Всього за рік	394636,786					416962,813

**Висновки розділу**

У данному розділі розраховано тепловтрати за середньою та максимальною температури за нормативним методом та за збільшеними показниками.

Нормативний метод враховує додаткові показники та дає більш точні результати розрахунку.

Теплоспоживання після проведення розрахунку склало 81 Гкал. Однак показники лічильника, які була надані Солом'янською адміністрацією за 2017 рік – 56 Гкал. Тобто школа має недотопи.



## 3 ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Схема живлення та її аналіз

ЗОШ №174 живиться від трансформаторної підстанції за допомогою кабельної лінії АВВГ 4х35. Відстань від трансформатора до школи становить 40м. На ТП встановлений один трансформатор ТМ 400/10/0,4.  $S = 400$  кВА, напругою 10/0,4 кВ. Для заземлення використовуються нульові дроти, сталеві труби. Заземленню підлягають всі металеві частини електроустановки, що нормально не знаходяться під напругою.

Паспортні дані трансформатора зведемо до таблиці 3.1

Таблиця 3.1 – Паспортні дані трансформаторів

Назва	$S_H$ , кВА	$\Delta P_{xx}$ , кВт	$\Delta P_{k3}$ , кВт	$I_{xx}$ , %	$U_{k3}$ , %
ТМ-400/10	400	0,9	5,5	1,8	4,5

ДНЗ відноситься до II категорії надійності електропостачання згідно з [9]. Схема електропостачання об'єкту є не надійною, оскільки живлення всього обладнання здійснюється від одного трансформатора. В аварійному режимі, при ліквідації несправності мережі, електропостачання буде припинено. Також неможливо вивести трансформатор на ремонтні роботи не відключаючи живлення ДНЗ. Тому для забезпечення виконання вимог нормативних документів щодо надійності електропостачання рекомендуємо ввести додаткове резервне джерело енергії.

### 3.2 Розрахунок навантажень електроприймачів

Розрахуємо електричні навантаження електроприймачів. Розрахунок розрахункових електричних навантажень силових ЕП здійснюється в наступній послідовності:

- обчислюємо величини проміжного активного  $P_{np}$  і реактивного  $Q_{np}$ , квар навантаження за виразами:

$$P_{np} = \sum_{i=1}^n (k_{\epsilon,i} \cdot P_{н,i}),$$

$$Q_{np} = \sum_{i=1}^n P_{np} \cdot \operatorname{tg} \varphi_i,$$

де  $k_{\epsilon,i}$  - коефіцієнт використання активної потужності і-го ЕП;

$P_{н,i}$  - номінальна активна потужність і-го ЕП, кВт;

$n$  - кількість ЕП в даній групі;

$\operatorname{tg} \varphi_i$  - відповідає номінальному значенню  $\cos \varphi_i$  ЕП  $j$ -ої групи.

- визначаємо величини групового коефіцієнта використання ЕП за наступним виразом:

$$K_{\epsilon} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{np}}{\sum_{i=1}^n P_{н}},$$

$$K_{\epsilon} = \frac{30,12}{77,15} = 0,39.$$

- обчислюємо ефективну кількість ЕП виразом:

$$n_e = \frac{(\sum_{i=1}^n P_{н,i})^2}{\sum_{i=1}^n P_{н,i}^2}.$$

Допускається прийняти  $n_e$  рівним  $n$ , якщо кількість ЕП у групі чотири і більше з виконанням співвідношення:

$$m = \frac{P_{н.і.маx}}{P_{н.і.мін}} \leq 3.$$

$n_e$  розраховується за виразом:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{н.і.}}{P_{н.і.маx}},$$

$$n_e = \frac{2 \cdot 77,15}{17,5} = 8,81.$$

Ефективна кількість ЕП складає 8.

- за імовірнісними кривими  $k_p = f(n_e, K_{\epsilon})$  визначаємо величину розрахункового коефіцієнта активної потужності  $k_p$ ;  $k_p = 1,08$ .
- розрахункові активну і реактивну потужності силових ЕП визначають за виразами:

$$P_p = k_p \cdot P_{np},$$

$$P_p = 1,08 \cdot 30,12 = 32,52 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{np} \text{ - якщо } n \leq 10, \text{ і } Q_p = Q_{np} \text{ - якщо } n > 10$$

$$Q_p = Q_{np} = 30,55 \text{ квар.}$$

Розрахункова повна потужність розраховується за формулою:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_p = \sqrt{32,52^2 + 30,12^2} = 44,32 \text{ кВА.}$$

Розрахунок навантажень електроприймачів зведені в таблицю 3.2.

### 3.3 Навантаження системи освітлення

Розрахункову активну потужність освітлювальних установок, у школі,  $P_{po}$  розраховуємо за виразом:

$$P_{po} = \sum_i^m n_i \cdot P_{n,i} \cdot \kappa_{n,i},$$

де  $n$  - кількість лампочок;

$P_n$  - номінальне освітлювальне навантаження лампочки, кВт;

$\kappa_n$  - коефіцієнт попиту освітлення ( $\kappa_n=1$  для зовнішнього освітлення,  $\kappa_n$  - для внутрішнього освітлення).

За таблицею 2.3, використовуючи кількість ламп та їх потужність, розраховуємо розрахункову активну потужність:

$$P_{po} = 45 \cdot 0,1 \cdot 1 + 538 \cdot 0,018 \cdot 0,95 \cdot 1,2 = 13,69 \text{ кВт.}$$

Розрахункову реактивну потужність  $Q_{po}$  розрахуємо за виразом:

$$Q_{po} = P_{po} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де  $\operatorname{tg} \varphi$  - тангенс кута зсуву фаз.

$$Q_{po} = 13,69 \cdot 0,48 = 6,57 \text{ квар.}$$

Таблиця 3.2 – Оцінка доцільності заміни ламп

Найменування енергоспоживаючого обладнання	Встановлена потужність одиниці обладнання, кВт	Кількість одиниць обладнання, шт.	Загальна встановлена потужність обладнання, кВт	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{po}$ , кВт	Коеф. ПРА
Лампи розжарювання	0,01	45	3,72	0,95	0,48	4,5	
Люмінесцентні	0,018	538	9,684	0,95	0,48	9,19	1,2
Всього						<b>13,69</b>	

### 3.4 Сумарне навантаження електроприймачів

Активне навантаження електроприймачів визначаємо за виразом:

$$P_p = P_{p,cn} + P_{po},$$

$$P_p = 32,52 + 13,69 = 46,21 \text{ кВт.}$$

Реактивне навантаження електроприймачів визначаємо за виразом:

$$Q_p = Q_{p.cn} + Q_{po},$$

$$Q_p = 30,55 + 6,57 = 37,12 \text{ квар.}$$

Сумарне навантаження електроприймачів визначаємо за виразом:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_p = \sqrt{46,21^2 + 37,12^2} = 59,27 \text{ кВА.}$$

### 3.5. Розрахунок електричного освітлення

Проведемо вибірку перевірку відповідності існуючої системи освітлення одного з кабінетів школи. Його розміри та розміщення світильників вказано на рисунку 3.1.

В якості освітлення використовуються світильники для люмінесцентних ламп 2 шт., застосовуються лампи, зі світловим потоком – 1050 Лм.

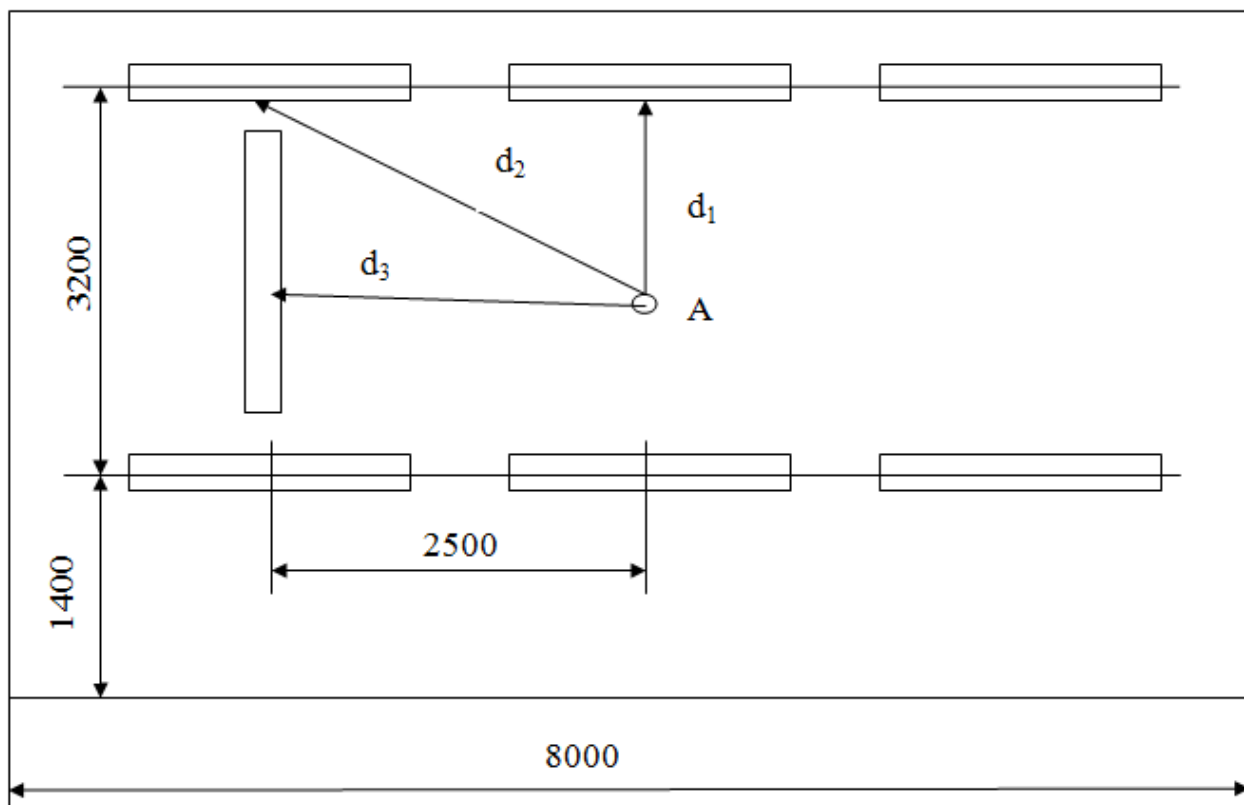


Рисунок 3.1 – Схема розташування світильників

Визначимо освітленість в точці A за формулою:

$$E = \frac{\Phi_{\text{св}} \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n e}{k_3 \cdot 1000}$$

де,  $E$  - розрахункова освітленість, лк;

$\Phi_{\text{св}}$  - світловий потік світильника, лм;

$\mu$  - коефіцієнт неврахування освітленості,  $\mu=1,1-1,2$ ;

$\sum_{i=1}^n e$  - сумарна освітленість згідно кривих просторових ізолюкс

світильника. Визначається в залежності від висоти підвісу світильника і відстані від проекції світильника до точки, що розглядається;

$n$  - кількість врахованих світильників;

$k_3$  - коефіцієнт запасу,  $k_3=1,2$ .

Світловий потік світильника:

$$\Phi_{\text{св}} = \Phi_{\text{л}} \cdot n,$$

де,  $\Phi_{\text{л}}$  - світловий потік лампи;

$n$  – кількість ламп у світильнику.

Отже, світловий потік світильника становить:

$$\Phi_{\text{св}} = 1250 \cdot 2 = 2500 \text{ лм.}$$

Відомо, що висота приміщення  $H$  становить 3,6 м. Прийmemo, що відстань від підлоги до розрахункової поверхні  $h_p = 0,8$  м, а відстань від стелі до світильника  $h_c = 0,1$  м. Тоді висоту підвісу світильника визначимо за формулою:

$$h = H - h_p - h_c,$$

$$h = 3,6 - 0,8 - 0,1 = 2,7 \text{ м}$$

Знайдемо довжину відрізків  $d_1, d_2, d_3$  - відстань від проекції світильника до розрахункової точки за формулою:

$$d = \sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{b}{2}\right)^2};$$

$$d_1 = \sqrt{\left(\frac{1,6}{2}\right)^2} = 0,8 \text{ м};$$

$$d_2 = \sqrt{\left(\frac{1,6}{2}\right)^2 + 2,5^2} = 2,62 \text{ м};$$

$$d_3 = \sqrt{2,5^2} = 2,5 \text{ м.}$$

Знаючи висоту підвісу світильника  $h = 2,7$  м та відстані від проекції світильника до розрахункової точки, знайдемо освітленість згідно кривих просторових ізолюкс, представлених на рисунку 3.2

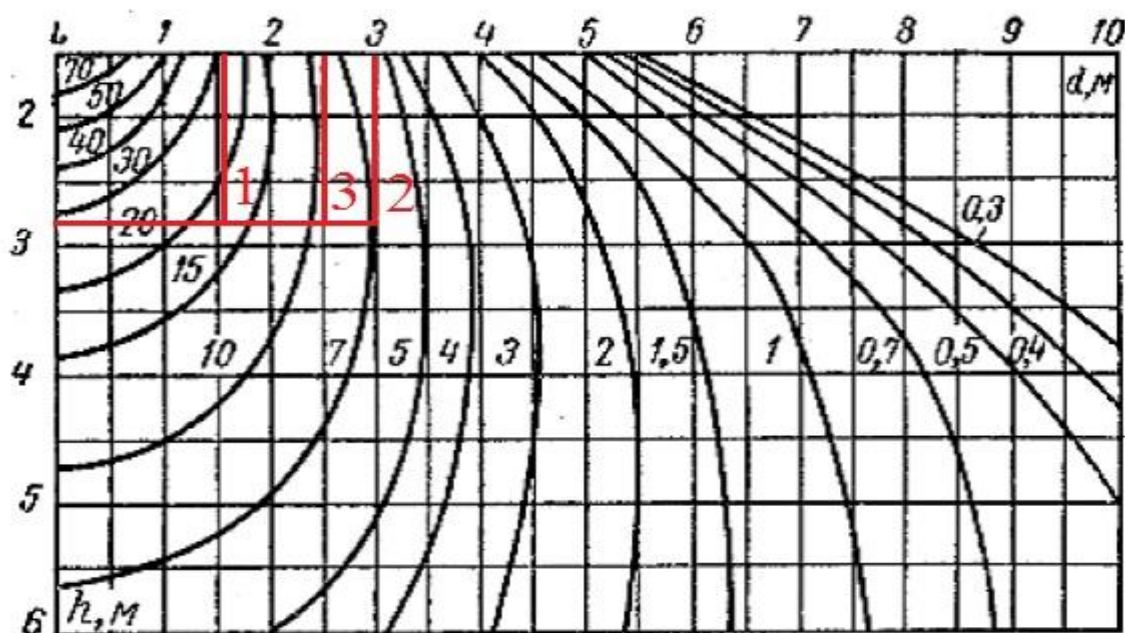


Рисунок 3.2 – Криві просторових ізолюкс

З малюнка освітленість в точка буде:  $e_1=29$  лк,  $e_2=11$ лк,  $e_3=10$  лк.

Отже, сумарна освітленість в точці А буде:

$$\Sigma e = 29 \cdot 2 + 11 \cdot 4 + 10 = 112 \text{ лк.}$$

Визначимо освітленість  $E$  - розрахункова освітленість в точці А:

$$E = \frac{2500 \cdot 1,2 \cdot 112}{1,2 \cdot 1000} = 280 \text{ лк.}$$

Нормована освітленість  $E_n$  становить 300 лк [12].

Виконаємо перевірку

$$0,9 \cdot E_{MIN} < E < 1,2 \cdot E_{MIN};$$

$$270 < 280 < 360.$$

### 3.6 Перевірка кабеля

Оскільки живлення від розподільчого пункту виконане трьохфазною лінією, то максимальний струм буде складати:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n},$$



де  $S_p$  – повна потужність;

$U_n$  – номінальна напруга, 0,38 кВт.

Живлення відбувається за допомогою кабеля марки АВВГ – 4х35,

$I_{don}=226$  А – допустимий струм,  $r_0=0,868$  Ом/км – активний опір.

Розрахунковий струм струм:

$$I_{p1} = \frac{59,27}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 90,05.$$

Умова допустимості вибраного перерізу:

$$I_{don} \cdot K_1 \cdot K_2 > I_p,$$

$K_1, K_2$  – приймаємо рівними 1, так як прокладена 1 КЛ при температурі 15 °С.

Маємо:

$$226 \cdot 1 \cdot 1 > 90,5 \text{ А.}$$

Розраховуємо втрати напруги, вони мають не перевищувати 5%:

$$\Delta U = \frac{r_o \cdot l \cdot P}{U_n^2} \cdot 10^5,$$

де  $r_0$  – активний опір кабелю;

$l$  – довжина кабельної лінії;

$U_n^2$  – номінальна напруга трансформатора;

$P$  – розрахункова потужність.

Маємо:

$$\Delta U = \frac{0,868 \cdot 0,04 \cdot 46,21}{380^2} \cdot 10^5 = 0,69\%.$$

Робимо висновок, що прокладений кабель відповідає нормативним вимогам.

### 3.7 Баланс споживання електроенергії

#### 3.7.1 Споживання електричної енергії споживачами

Витратна частина електричного балансу за грудень та липень 2017 року визначена за групами споживачів: освітлення, офісна техніка та теплотехнічне обладнання.

Споживання електричної енергії відповідної одиниці обладнання розраховується за формулою:

$$W_i = P_{вст} \cdot n \cdot k_v \cdot T_{роб},$$

де:  $P_{вст}$  - встановлена потужність одиниці відповідного обладнання, кВт, яка береться з паспортних даних обладнання;

$n$  - кількість одиниць обладнання, шт;

$k_v$  - коефіцієнт використання встановленої потужності;

$T_{роб}$  - тривалість роботи відповідного обладнання за місяць.

Перелік електроспоживаючого обладнання, його потужності, кількості робочих годин і т.д. представлені у таблиці 3.3, перелік світильників та їх електроспоживання у таблиці 3.4

Таблиця 3.3 Перелік обладнання та його споживання за 2017 р

Найменування споживачів електроенергії	Кількість, шт	Встановлена потужність, кВт	Сумарна потужність, кВт	$k_{вик}$	Час роботи, год	Загальна споживана потужність, кВт*год
Електроплита	1	17,5	17,5	0,5	547,5	4790,625
Бойлер	1	1,5	1,5	0,7	1095	1149,75
Холодильна шафа	1	1,95	1,95	0,6	8760	10249,2
Холодильник	3	2	6	0,4	8760	21024
Електрична сковорідка	1	12	12	0,5	456,25	2737,5
Духова шафа	1	17	17	0,5	365	3102,5
Мясорубка	1	1,5	1,5	0,4	365	219
<b>Всього на харчоблок</b>						<b>43272,575</b>
Комп'ютер	26	0,5	13	0,5	365	2372,5
Принтер	6	0,5	3	0,7	182,5	383,25



### Діаграма електричного балансу за 2017 рік

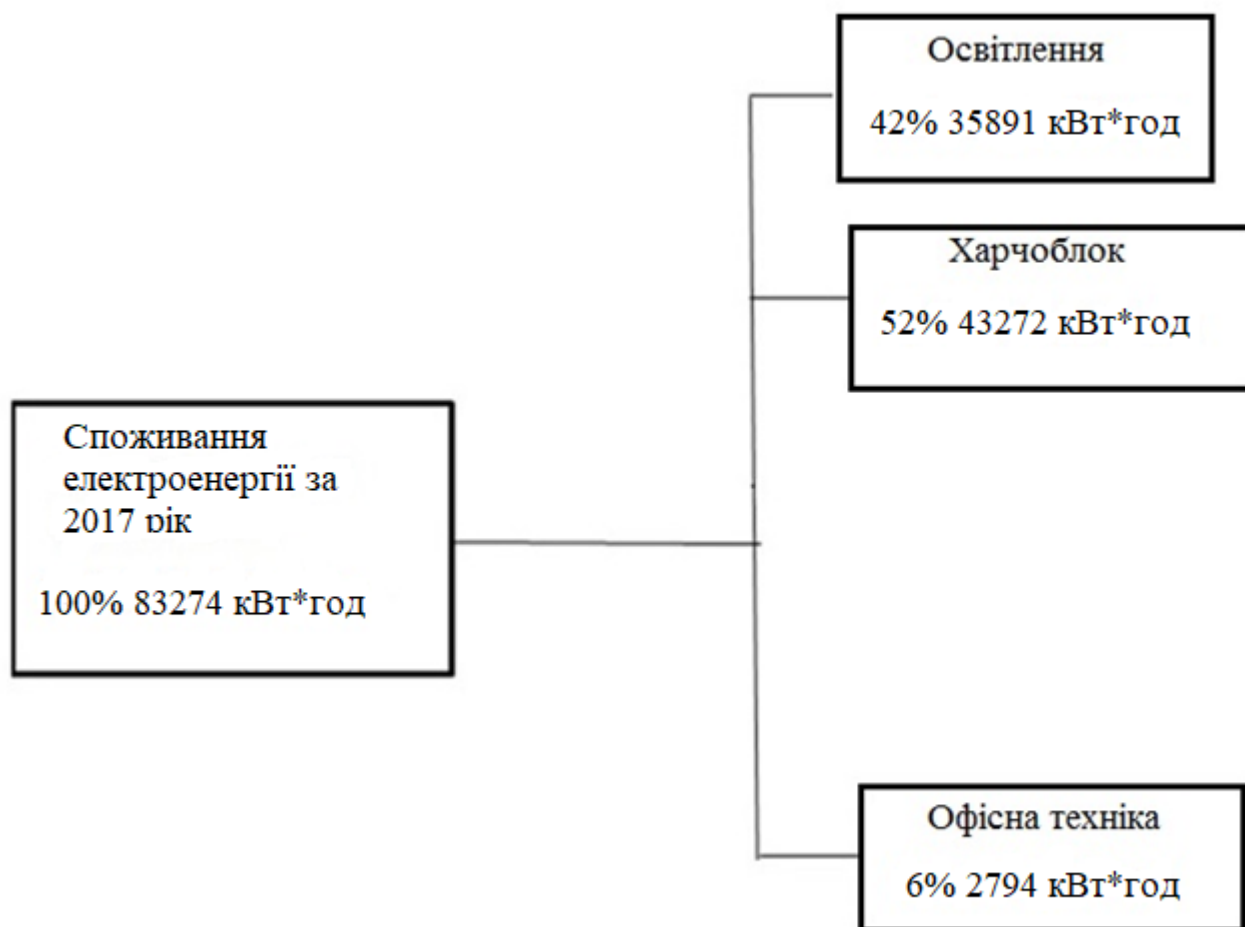


Рисунок 3.3 – Діаграма електричного балансу за 2017 рік

### Аналіз інформації

У балансі електричної енергії за 2017 рік більшу частку займає харчоблок – 52 % від загального споживання.

Знайдемо відносне відхилення фактичного і розрахункового споживання електричної енергії:

$$\delta W_{2016} = \frac{W_P - W_\Phi}{W_P} \cdot 100 = \frac{|81957.507 - 83274|}{81957.507} \cdot 100 = 1,6\%.$$

Порівнюючи результати, бачимо що присутня похибка. Це пояснюється наявністю втрат у внутрішній мережі, не значною похибкою лічильника та

різною тривалістю включення електроспоживачів. Крім того присутні споживачі, які не вказані в розрахунках через непостійність та малу тривалість роботи. Такими споживачами є ті, що підключаються до розеток в разі необхідності, та облік часу роботи яких не ведеться.

### 3.9 Вимірювання і облік споживання електроенергії

Лічильник НІК-2301АК, призначений для вимірювання активної електричної енергії в трьохфазній мережі змінного струму. Схема підключення зображена на рисунку 3.2.

Таблиця 3.5 – Характеристика НІК-2303

Назва	НІК-2303
Тип	Лічильник електронний, трифазний, багатотарифний
Номінальна напруга	220/380 В
Номінальний (максимальний) струм	5(10) А
Частота мережі	50 Гц
Клас точності	1,0
Пристрій відображення	ОУ
Міжповірковий інтервал	16 років
Передаточне число (імп./кВт год)	8000
Сумісність з АСКУЕ	передбачено
Допустиме відхилення напруги мережі	от -20% до +15%
Термін служби	30 років

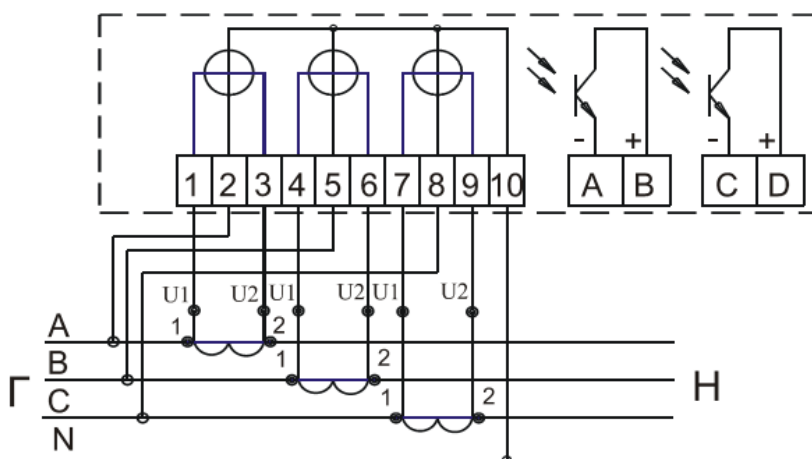


Рисунок 3.4 – Схема підключення Нік – 2301

Властивості лічильника Нік – 2301 Ак1:

- підвищена ступінь захисту від дії постійного та змінного мігнітних полів;
  - не велике власне споживання електричної енергії ;
- захист від можливості вкрати електричну енергію

Таблиця 3.6 – Тариф електричної енергії

Найменування енергоносія	Одиниці виміру	Тариф з ПДВ	
		2016	2017
Електрична енергія	грн/кВт·год	1,73	1,97

### 3.10 Заходи з енергозбереження

Згідно отриманих розрахунків розрахунків можна запропонувати наступні заходи з енергозбереження, які зможуть знизити витрати електричної енергії у школі :

1. Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи;

2. Чищення світильників;
3. Встановлення датчиків присутності;
4. Оновлення обладнання харчоблоку школи.

### **Захід з енергозбереження №1 – Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі лампи**

Заходом пропонується модернізація системи внутрішнього освітлення шляхом заміни ламп розжарювання, що встановлені в коридорах та підсобних приміщеннях.

Кількість ламп, що підлягає заміні – 372 шт.

Економічний ефект проекту забезпечується за рахунок зниження витрат на оплату електроенергії, що споживається існуючою системою освітлення.

Характеристики ламп наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.7 – Характеристики ламп

Тип лампи	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Тип цоколя
ЛР	100	1200	E27
Енергозберігаючі лампи (MASTER PLE-R 20W)	20	1250	E27

Нові лампи мають менший світловий потік як і старі лампи, але мають більш напрямлене світло, яке менш розсіюється, в результаті забезпечуючи необхідну кількість світла.

Для розрахунку економії електричної енергії скористаємось наступною формулою:

$$\Delta A = (P_c - P_n) \cdot K_B \cdot n \cdot T_p,$$

де  $P_c$  – встановлена потужність старої лампи, кВт;

$P_n$  – встановлена потужність нової лампи, кВт;

$K_v$  – коефіцієнт використання потужності;

$n$  – кількість ламп;

$T_p$  – тривалість роботи ламп, год/рік.

Тоді для даного типу ламп маємо:

$$\Delta W = (0,1 - 0,02) \cdot 0,9 \cdot 372 \cdot 970 = 25980,48 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

При тарифі, що сплачує підприємство за електроенергію 1,73 грн/кВт·год, економія коштів складе:

$$E = \Delta W \cdot b.$$

Тоді:

$$E = 25980,48 \cdot 1,97 = 51181,54 \text{ грн} / \text{рік}$$

Вартість капіталовкладень:

$$K = N \cdot b,$$

де  $N$  – кількість ламп;

$b$  – ціна однієї лампи.

Тоді капіталовкладення складають:

$$K = 372 \cdot 70 = 26040 \text{ грн}.$$

Обчислимо термін окупності:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{K}{E} = \frac{26040}{51181,54} = 6 \text{ місяців}.$$

Можемо підсумувати, що незважаючи на простоту заходу він є доцільним та ефективним.

## **Захід з енергозбереження №2 – Чищення світильників**

У школі розташовано 583 світильників. Всі вони не дозволяють отримувати максимальну освітленість через запилення,



тому потребують своєчасного чищення. Регулярне очищення ламп та світильників може привести до економії електроенергії до 5%, як показали заходи з енергозбереження останніх років.

Економію електроенергії можна знайти за виразом:

$$\Delta W = (W_3 + W_{\text{л}}) \cdot 0,05,$$

де  $W_3$  - електроенергія, спожита на освітлення з вересня 2016 року по лютий 2017 року;

$W_{\text{л}}$  - електроенергія, спожита на освітлення з березня по серпень 2017 року.

$$\Delta W = (301,59 + 1326,99) \cdot 0,05 = 81,43 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Економія фінансових ресурсів за рік складатиме:

$$E = 81,43 \cdot 1,97 = 160,41 \frac{\text{грн}}{\text{рік}}.$$

Витрати на миючі засоби складають -  $I = 100$  грн.

Простий термін окупності складає:

$$T = \frac{100}{140,87} = 0,7 \text{ місяців}.$$

Термін окупності даного заходу досить малий, тому його впровадження можна вважати доцільним.

### **Захід з енергозбереження №3 – Встановлення датчиків присутності**

Не в усіх приміщеннях використання освітлення супроводжується присутністю людей, а це не що інше, як неефективне використання електроенергії. Одним із методів раціоналізації використання енергії є встановлення датчиків руху.

Найбільш ефективним буде встановлення датчиків руху у туалетах школи. Вони освітлюються лампами розжарювання 100 Вт (по 2 шт. у туалеті). Всього по школі 6 санвузлів.

Встановлення датчиків руху дозволить автоматично вимикати освітлення в приміщенні при відсутності людей. Встановимо датчики Еlectrum WMS-003M. При цьому датчик працює безперервно і споживає потужність 2 Вт.

При розрахунках не будемо враховувати 3 літні місяці, оскільки у цей час у школі канікули.

Кількість спожитої електроенергії датчиками руху за рік знаходимо за виразом:

$$A_1 = T \cdot P_d \cdot n \cdot K_{\epsilon}$$

де  $T$  – термін роботи датчика протягом року;

$P_d$  – потужність датчика;

$n$  – кількість датчиків;

$K_{\epsilon}$  – коефіцієнт використання.

$$A_1 = 6576 \cdot 2 \cdot 0,9 \cdot 6 = 552,38 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Вважаємо, що встановлення датчиків дозволить скоротити термін горіння лам в 2 рази. Кількість спожитої електроенергії лампами за рік до встановлення датчиків руху:

$$A_2 = 2990 \cdot 100 \cdot 0,9 \cdot 12 = 3229,2 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Кількість спожитої електроенергії лампами за рік після встановлення датчиків руху:

$$A_3 = 1495 \cdot 100 \cdot 0,9 \cdot 12 = 1614,6 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахуємо економію електроенергії після встановлення датчиків руху:

$$\Delta A = A_2 - A_1 - A_3,$$

$$\Delta A = 3229,9 - 552,38 - 1614,6 = 1062,92 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Розрахуємо річну економію в грошовому еквіваленті:

$$E = 1062,92 \cdot 1838,85 \text{ грн.}$$

Витрати на введення в експлуатацію складають:

Датчик руху разом з керуючим пристроєм коштує 210 грн.

Встановлюємо один датчик у туалеті:

$$K=6 \cdot 210=1260 \text{ грн.}$$

Розрахуємо простий термін окупності проекту:

$$T_{ок}^{np} = \frac{K}{E},$$

де  $K$  – капітальні затрати по проекту;

$E$  – економія витрат на оплату ресурсів.

$$T_{ок}^{np} = \frac{1260}{1838} = 7 \text{ місяців.}$$

#### **Захід з енергозбереження №4 – Оновлення обладнання харчоблоку школи**

Встановлена у школі електрична плита є застарілою, її потужність 17,5 кВт.

Плита в середньому використовується дві години на день дев'ять місяців на рік. Для розрахунку приймемо, що в місяці 21 робочий день.

Оберемо електричну плиту КИЙ-В ПЕ-4 потужністю 12 кВт, яка відповідає напрузі та параметрам встановленої плити.

Таблиця 3.7 – Характеристика плити

Назва	КИЙ-В ПЕ-4
Напруга, В	380
Потужність, кВт	12
Кількість комфорок, шт	6
Размер комфорок, мм	294x495

Ціна плити становить 9000 грн.

Річна економія електроенергії розраховується за виразом:

$$\Delta A = (P_c - P_n) \cdot K_v \cdot n \cdot T_p,$$

де,  $P_c$  – потужність старої плити;

$P_n$  – потужність нової плити;

$T_p$  – час роботи в рік, 365 годин на рік;

$K_v$  – коефіцієнт використання плити;

$n$  – кількість плит.

Тоді економія електроенергії:

$$\Delta A = (17,5 - 12) \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 365 = 3321,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Річна економія витрат при тарифі за електроенергію 1,97 грн/кВт·год:

$$E = 3321,5 \cdot 1,97 = 6543,35 \text{ грн / рік}.$$

Капітальні затрати будуть включати тільки вартість плит, тобто  $K = 11600$  грн.

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}}^{\text{пр}} = \frac{K}{E} = \frac{11000}{6543,35} = 1 \text{ рік } 7 \text{ місяців}.$$

З урахуванням того, що стару плиту можна продати, та виручити за це додаткові кошти, термін окупності може значно зменшитись.

### Висновки до розділу

Зведемо усі запропоновані заходи з енергозбереження у таблицю 3.8

Таблиця 3.8 – Заходи з енергозбереження

№	Назва	Річна Економія електричної енергії $\Delta W$ , кВт · год	Річна економія грошей $E$ , грн рік	Капіталовкладення $I$ , грн	Простий термін окупності $T_{ок}$ , років
1	Заміна ламп розжарювання	25980,48	61313,93	26040	3 місяці
2	Чищення світильників	81,43	192,17	100	6 місяців
3	Встановлення датчиків присутності	1062	2508	1260	6 місяців
4	Оновлення обладнання харчоблоку школи	3321,5	7838,7	9000	1 рік 7 місяців

Після впровадження заходів з енергозбереження ми знизимо споживання електричної енергії та заощадимо – 71852,1 грн. Загальні капіталовкладення складатимуть – 36400 грн. Річна економія електричної енергії складатиме – 30445 кВт · год.

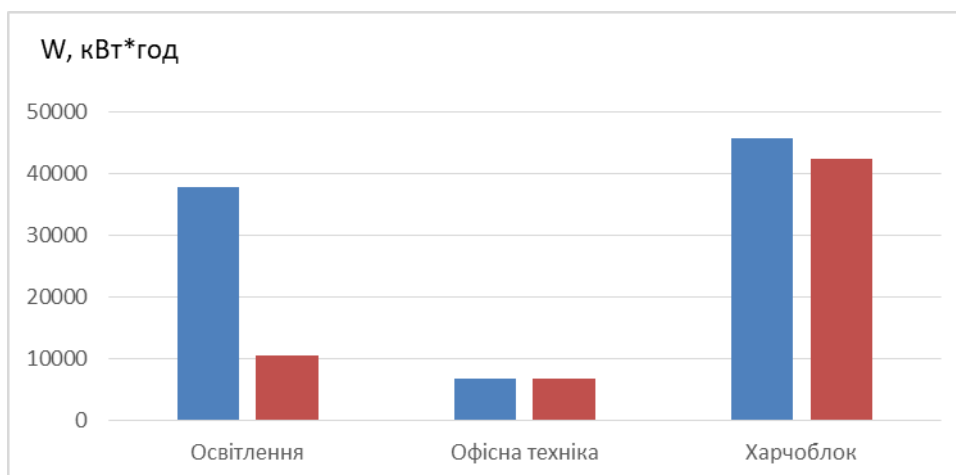


Рисунок 3.5 – Споживання електричної енергії до та після заходів з енергозбереження за рік

## 4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. ВИКОРИСТАННЯ РЕКУПЕРАЦІЇ ПОВІТРЯ У КЛАСАХ ШКОЛИ

Система вентиляції школи №174 знаходиться в незадовільному стані. Вентиляція проводиться природним шляхом. Аналіз втрат показав, що велика частка втрат теплоти припадає на інфільтрацію. Після заміни вікон ця частка зменшиться, що призведе до невідповідного значення повітрообміну в класних кімнатах.

Згідно з СН, кількість зовнішнього повітря, що потрапляє у приміщення на одного учня, має становити не менше  $16 \text{ м}^3/\text{год}$ . В шкільних лабораторіях та майстернях, повинна встановлюватись окрема витяжна вентиляція, а об'єм свіжого повітря має бути не менше  $20 \text{ м}^3/\text{год}$ . Для забезпечення комфортного мікроклімату інші показники повинні відповідати нормам: температура повітря  $16-22^\circ\text{C}$ , відносна вологість повітря 30-60%, вміст  $\text{CO}_2$  до  $1 \text{ л}/\text{м}^3$ .

### **Експериментальна частина.**

Дослідження проводились після трьохтижневого включення опалення в м. Києві. Було вибрано ранковий час на початку занять та денний час після закінчення занять в школі. Ці терміни найбільш повно характеризували стан повітря в класах.

Для вимірювань було використано: комплексний прилад Регістратор  $\text{CO}_2$  TR-75Ui (див. рисунок 4) з діапазоном вимірювань  $\text{CO}_2$ : 0...9999 ppm, Temperature: 0...55°C, Humidity: 10...95% RH. Для дублювання температур повітря були використані термісторний електронний термометр LCD з діапазоном вимірювань  $-50^\circ\text{C} \dots +300^\circ\text{C}$  та пірометр GM320 з діапазоном вимірювань  $-50^\circ\text{C} \dots +380^\circ\text{C}$  для вимірювань поверхонь стін, підлоги, стелі, вікон.

Вимірювання проводились в приміщеннях класів та коридорах на чотирьох поверхах, в головному холі та на вулиці, для порівняння з фоновим вмістом  $\text{CO}_2$

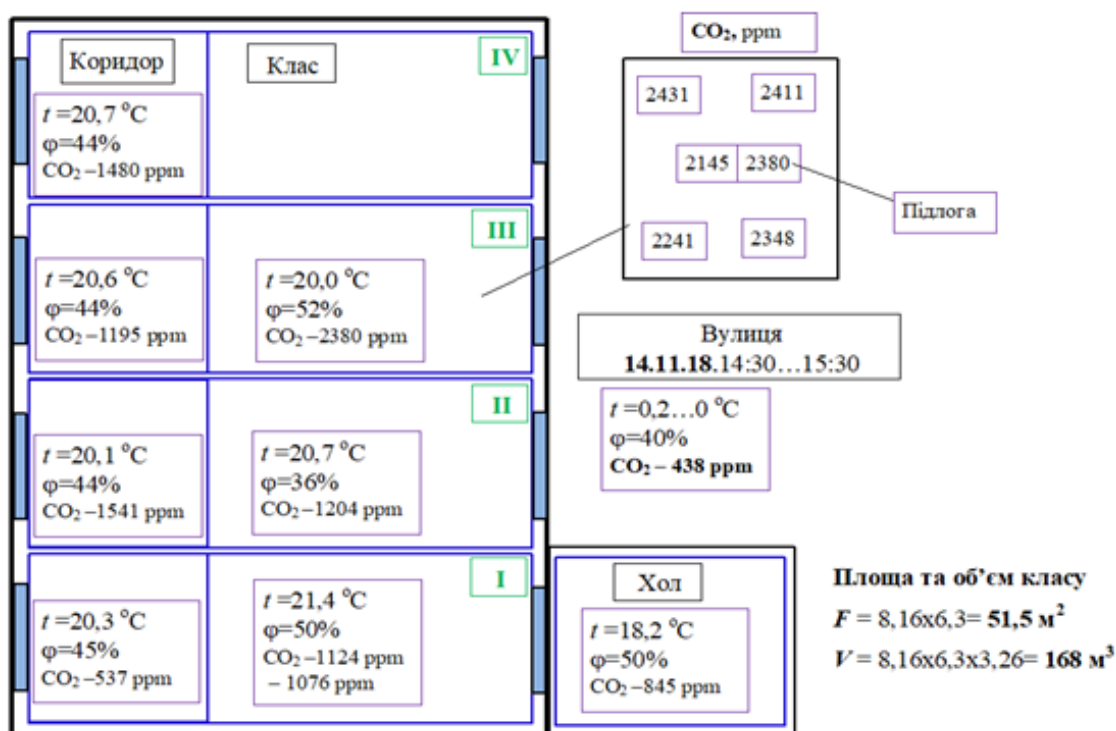


Рисунок 4.

Рисунок 4.1 – Результати аналізу

Було прийняте рішення на прикладі кабінету хімії встановити децентралізовану систему вентиляції – рекуператор Прана.

Ця система зменшить витрати тепла та зможе забезпечити комфортні умови.

На прикладі кабінету на 4 поверсі проведемо розрахунок децентралізованої системи вентиляції. Інші класи розраховуються аналогічно.

Розміри кабінету: довжина – 8,16 м, ширина – 6,3 м, висота – 3,26 м, об'єм – 168 м<sup>3</sup>. Присутні три вікна габаритами 2,05x2,3 м<sup>2</sup> товщина зовнішньої стіни – 0,57 м



Так як нормована кратність повітрообміну,  $n = 1 \text{ год}^{-1}$  [8], необхідна продуктивність припливної вентиляції рівна об'єму приміщення що вентилюється  $V_{\text{вн}} = 168 \text{ м}^3$ .

Визначимо теплове навантаження на систему вентиляції, кВт, за формулою:

$$Q_{\text{вен}} = 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}})$$

де  $V_{\text{вн}}$  – об'єм кабінету,  $\text{м}^3$ ;

$t_{\text{вн}}$  – внутрішня температура в приміщенні,  $t_{\text{вн}} = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$  ;

$t_{\text{с.о.}}$  – середня температура навколишнього повітря за опалювальний період,  $t_{\text{с.о.}} = -0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$

Підставивши данні в формулу маємо:

$$Q_{\text{вен}} = 0,337 \cdot 168 \cdot (20 - (-0,1)) = 1137,98 \text{ кВт}$$

Визначимо вентиляційні втрати теплоти до впровадження методу з енергозбереження, кВт·год, за формулою:

$$Q_{\text{річ}}^{\text{вен}} = 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot n_0 \cdot z$$

де  $n_0$  – кількість робочих днів,  $n_0 = 176 \text{ днів}$ ;

$z$  – кількість працюючих годин в день,  $z = 12 \text{ год}$ .

Підставивши данні в формулу маємо:

$$\begin{aligned} Q_{\text{річ}}^{\text{вен}} &= 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}) \cdot n_0 \cdot z = 0,337 \cdot 168 \cdot (20 - (-0,1)) \cdot 176 \cdot 12 = \\ &= 2403,41 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \end{aligned}$$

Розрахунок системи вентиляції після установки децентралізованої системи вентиляції, кВт\*год, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{річ}}^{\text{рек}} = 0,337 \cdot V_{\text{вн}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{пр}}) \cdot n_0 \cdot z ,$$

де  $t_{\text{пр}}$  – температура припливного повітря,  $^{\circ}\text{C}$

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{с.о.}} + \frac{G_1 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зв}})}{G_2},$$

$G_1$  – об'ємна витрата витяжного повітря,  $G_1 = 105 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$G_2$  – об’ємна витрата припливного повітря,  $G_2 = 115 \text{ м}^3/\text{год}$ ;

$t_{зв}$  – температура зовнішнього повітря,  $t_{зв} = t_{с.о.} = -0,1 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Підставивши данні в формулу (2.35), маємо:

$$t_{np} = (-0,1) + \frac{105 \cdot (20 - (-0,1))}{115} = 16,42 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Підставивши данні в формулу (2.34), маємо:

$$Q_{річ}^{рек} = 0,33 \cdot 168 \cdot (20 - 16,42) \cdot 176 \cdot 16 = 558,9 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Для забезпечення нормальних параметрів знадобиться 2 таких установ-  
ки. Ціна за 1 шт. – 6000 грн , загальна вартість складе 12000 грн.

Монтажні роботи 3000 грн.

Затрати на експлуатацію, грн/рік, знаходимо за формулою:

$$A = \Sigma P \cdot n \cdot \tau \cdot T ,$$

Технічні характеристики рекуператора Прана:

- приток і витяжка працюють одночасно, повітряні потоки не пере-  
мішуються;
- корпус утеплений;
- новий дизайн внутрішніх і зовнішніх вентиляційних решіток за-  
безпечує додатковий захист системи вентиляції від дощу, листя і тополиного  
пуху, а також дає змогу за необхідності повністю перекрити повітряні потоки.
- система управління: пульт дистанційного управління або димер  
(реостат).
- модель застосовується на об’єктах побутового призначення (при-  
ватні будинки, квартири, офісні приміщення, навчальні та дошкільні заклади).

Технологія рекуперації тепла витяжного повітря є ефективним спосо-  
бом зниження споживання енергоресурсів при експлуатації системи вентиля-  
ції. В рекуператорі Прана-150 основними перевагами є:

де: споживана потужність рекуператора  $P$  – 32 Вт;

$n$  – кількість робочих днів, в середньому 250 днів;

$\tau$  – кількість працюючих годин в день,  $\tau = 16$  год;

$T$  – діючий тариф на електроенергію – 1,97 грн/кВт·год [8].

Тоді затрати на експлуатацію, за формулою:

$$A = 0,032 \cdot 2 \cdot 250 \cdot 16 \cdot 1,97 = 504,32 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо економію теплоти за формулою:

$$\Delta Q = 911,92 - 274,828 = 2885,69 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 2,48 \text{ Гкал}.$$

Розрахуємо загальні капіталовкладення, грн, за формулою:

$$K = N \cdot C + A + M,$$

де:  $N$  – кількість рекуператорів;

Підставивши данні в формулу маємо:

$$K = 2 \cdot 6000 + 504,32 + 3000 = 15504,32 \text{ грн}.$$

Розрахуємо економію в грошах, грн, за формулою (2.19):

$$E = \Delta Q \cdot T = 2,48 \cdot 1382,6 = 3364,15 \text{ грн}.$$

Розрахуємо простий термін окупності заходу, роки, за формулою:

$$T = \frac{15300}{3364,15} = 4,55 \text{ роки}$$

Так як період окупності рекуператорів Прана незначний, даний захід з енергозбереження варто реалізувати.

Аналогічні розрахунки проведені для інших аудиторій та адміністративних приміщень. Загальна економія теплової енергії для всієї будівлі від впровадження даного заходу становить 176 Гкал/рік.

## Висновки

1. Правильна запроектована та виконана система рекуперації гарантує:

- за розрахунками зменшити втрати з провітрюванням та інфільтрацією повітря на 5...13%.
- можливість додаткового охолодження влітку.
- зникає необхідність відкривати вікна в будь-яку пору року.
- постійно свіже та чисте повітря в приміщеннях.
- можливість мікробіологічного очищення повітря (віруси, бактерії).

– усунення надмірної вологості.

2. Захід з покращення повітрообміну з використанням рекуператорів має суттєві капіталовкладення, але і невеликий термін окупності на рівні чотирьох років.

3. Встановлення системи рекуперації слід починати з верхніх поверхів де погано працює природна вентиляція та мають місце застійні зони повітря.

## **5 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ**

### **5.1 Поточний стан**

На даний момент в школі немає системи енергоменеджменту, тобто підрозділу, який би відстежував рівень енергозбереження в школі та покращував ефективність енерговикористання.

### **5.2 Опис заходу**

Енергетичний менеджмент являє собою систему, основною метою якої є систематичне підтримання ефективності енерговикористання будь-якого об'єкту на заданому рівні і періодичне зростання цієї ефективності.

Для того, щоб досягти цієї мети в системі енергоменеджменту повинні вирішуватись наступні задачі:

- 1) оцінка фактичного стану справ в області енергозбереження;
- 2) визначення можливих шляхів для зростання енергоефективності;
- 3) формування перспективних планів енергозбереження;
- 4) управління реалізацією проектів з енергозбереження;
- 5) систематичний контроль (моніторинг) досягнутого рівня енергоефективності.

Для впровадження енергетичного менеджмента на об'єкті призначається посада енергетичного менеджера.

Обов'язки енергетичного менеджера:

- 1) збір даних по споживанню ПЕР з використанням лічильників та контрольно-вимірювальної апаратури;
- 2) складання паливно-енергетичного балансу;
- 3) складання плану встановлення додаткових лічильників та КВА;
- 4) проведення аналізу споживання енергії з урахуванням оцінки заходів для економії енергоспоживання;

- 5) визначення ефективності роботи споживачів енергії;
- 6) проведення внутрішнього енергетичного аудиту;
- 7) надавання консультації з питань нового обладнання і тарифної політики;
- 8) створення системи обліку енергоспоживання, при необхідності автоматизувати її;
- 9) вміння детально аналізувати потоки енергії;
- 10) проведення розрахунків капіталовкладень і експлуатаційних витрат.

### 5.3 Річна економія енергії при впровадженні заходів

Розрахуємо річну економію енергії від впровадження системи енергоменеджменту в школі.

За даними 2016 року школа споживає 82000 кВт·год електроенергії та 291,726 Гкал теплоти на опалення. Світовий досвід та практика підтверджують, що при впровадженні енергетичного менеджменту гарантується зниження споживання енергоносіїв на 5%. Економія енергоносіїв становитиме:

- електроенергія:  $W_{ee} = 82000 \cdot 0,05 = 4100 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$ .

- теплоенергія:  $W_{te} = 291,726 \cdot 0,05 = 14,58 \text{ Гкал}$ .

### 5.4 Річна економія ресурсів при впровадженні заходу

Визначимо скільки при цьому становитиме економія фінансових ресурсів:

- при ціні 1,75 грн за 1 кВт·год енергії економія витрат становитиме:

$$E_{ee} = 4100 \cdot 1,75 = 7175 \text{ грн/рік};$$

- при ціні 1383,54 грн за 1 Гкал теплової енергії отримаємо економію:

$$E_{\text{те}} = 14,58 \cdot 1383,54 = 20172,01 \text{ грн./рік.}$$

### 5.5 Визначення витрат на введення даного проекту

Передбачаємо призначення в школі посади енергоменеджера з місячною заробітною платою 5000 грн, який працюватиме по сумісництву. До обов'язків цієї особи належить: складання обліку потоків енергії в установі, балансу енергоспоживання, розробка пропозицій з енергоефективності, допомога в організації закупівель енергетично ефективного обладнання.

### 5.6 Економічна оцінка проекту

Простий термін окупності становитиме:

$$T = \frac{K}{E},$$

де  $K$  - капітальні затрати на впровадження заходу;

$E$  - економія витрат на оплату електричної та теплової енергії.

$$\frac{K}{E} = \frac{5000 \cdot 12}{27347} = 2,9 \text{ років.}$$

Оскільки термін окупності становить трішки більше року, то захід має бути прийнятним для впровадження.

### Вплив заходів на стан навколишнього середовища

Найбільш ефективним засобом зниження шкідливих викидів в атмосферу є зменшення використання палива та електроенергії, тому впровадження запропонованих рекомендацій по енергозбереженню є також актуальним з екологічної точки зору. У даній роботі наведені розрахунки, що обґрунтовують можливість економії теплоти.

Економія теплоти від впровадження запропонованих заходів:

ЗЕЗ №1 -  $E_{T1} = 199,94$  Гкал

ЗЕЗ №2 -  $E_{T2} = 17,19$  Гкал

ЗЕЗ №3 -  $E_{T3} = 1,07$  Гкал

Загальна економія теплоти становить:

$$E_{T\Sigma} = E_{T1} + E_{T2} + E_{T3}.$$

$$E_{T\Sigma} = 199,94 + 17,19 + 1,07 = 218,2 \text{ Гкал} = 714 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$$

Економія електроенергії від впровадження запропонованих заходів:

ЗЕЗ №1 -  $E_{E1} = 25980$  кВт·год/рік

ЗЕЗ №2 -  $E_{E2} = 81,43$  кВт·год/рік

ЗЕЗ №3 -  $E_{E3} = 1062$  кВт·год/рік

ЗЕЗ №4 -  $E_{E4} = 3321,5$  кВт·год/рік

Загальна економія електроенергії:

$$E_{E\Sigma} = E_{E1} + E_{E2} + E_{E3} + E_{E4}.$$

$$E_{E\Sigma} = 25980 + 81,43 + 1062 + 3321,5 = 30445 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$$

Загальна економія енергії складатиме:

$$E_E = E_{E\Sigma} + E_{T\Sigma} = 714 + 30445 = 46007,67 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}.$$

За даними Міненерго України середні викиди при виробленні 1 тис. кВт·год електроенергії становлять:

Викиди твердих частинок – 4,4 кг;

Окису вуглецю – 0,5 кг;

Окислів азоту – 2,2 кг;

Окислів сірки – 9,9 кг.



Таблиця 5.1 – Зменшення шкідливих викидів

<b>Види викидів</b>	<b>Загальне зменшення викидів за рік</b>
Тверді частинки, кг	202,43
Окис вуглецю, кг	23
Окисли азоту, кг	101,21
Окисли сірки, кг	455,47
<b>Всього, кг</b>	<b>782,11</b>

Таким чином, впровадження запропонованих заходів скоротить викиди шкідливих речовин в атмосферу на 782,11 кг, що позитивно вплине на екологічне становище у місті. Основними принципами охорони навколишнього природного середовища є такі:

- гарантування екологічно безпечного середовища для життя і здоров'я людей;
- збереження просторової та видової різноманітності та цілісності природних об'єктів;
- пріоритетність вимог екологічної безпеки, обов'язковість додержання екологічних стандартів, лімітів та нормативів використання природних ресурсів при здійсненні господарської, управлінської та іншої діяльності;
- науково обгрунтоване узгодження екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природних і технічних наук та прогнозування стану навколишнього природного середовища;
- демократизм при прийнятті рішень, реалізація яких впливає на стан навколишнього природного середовища, формування у населення екологічного світогляду;
- стягнення плати за забруднення навколишнього природного середовища та погіршення якості природних ресурсів, компенсація шкоди, заподіяної

порушенням законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

- стягнення плати за спеціальне використання природних ресурсів для господарської діяльності;

- охорона природи, раціональне використання її багатства відповідно до вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища;

- вирішення проблеми охорони навколишнього природного середовища на основі широкого міждержавного співробітництва.

## 6 РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ

### 6.1 Загальні положення ідеї стартап – проекту

Стартап або стартап-компанія - компанія з короткою історією операційної діяльності. Як правило, такі компанії створені недавно, знаходяться в стадії розвитку або дослідження перспективних ринків.

Термін стартап застосовується для всіх галузей економіки. Всі успішні стартапи ґрунтуються на інноваційних технологіях, на сервісах, послуги та продуктах, яких раніше не існувало взагалі. Ті стартапи які просто трансформують якусь ідею, покращують існуючі продукти і подібне, на 99% приречені на провал.

Коли люди починають розуміти що таке стартапи, які прибутки вони можуть обіцяти, у багатьох з'являється бажання інвестувати в них. Існує багато різних бірж стартапів, сервісів з пошуку стартапа і ще більш по їх створенню. Існують так само компанії які чекають пропозицій і самі розшукують стартапи, так молодій компанії з новою ідеєю коштує всього лише описати свій план, свою ідею в певній формі та розіслати її по подібним бірж і очікувати своїх інвесторів.

Стартапи стали цілою індустрією, величезним інвестиційним сектором. Інтерес до цього не буде згасати, а тільки рости, як до всього нового і нових ідей авторів і засновників компаній. Але щоб розуміти повну картину, треба сказати що за статистикою 70% стартапів припиняють свою роботу вже в перший рік і успішними стають тільки 5-10% компаній. Але саме ці 5-10% дають величезний прибуток своїм інвесторам, яка може з легкістю перекрити збитки невдалих вкладень

Функція аналізу споживання дає енергоменеджерам можливість прозорого огляду використання їх енергоресурсів. Це означає, що вони можуть легко ідентифікувати "слабкі сторони" будвлі та усунути їх.

## 6.2 Резюме проекту

Запропоновано проводити розрахунок та покращення системи вентиляції за допомогою встановлення рекуперації, що знизить енергетичні потреби будівлі, та покращить показники будівлі.

В даний час громадськість більше усвідомлює важливість захисту як клімату, так і навколишнього середовища. Таким чином, виробництво екологічно чистої енергії та зменшення споживання енергії є актуальними.

## 6.3 Аналіз ідеї проекту

В таблиці 6.1 – аналіз ідеї проекту, наведено основні ідеї та напрямки, а також вигода для користувача.

Проведення модернізації системи вентиляції допоможе знизити енергетичні потреби, покращити нормативні показники будівлі. В наслідок цього знизяться кошти на енергоресурси, які в подальшому можна інвестувати в інші заходи для енергозбереження. Також зменшиться частка CO<sub>2</sub> в кабінетах, що зменшить ризик захворювання, та покращить внутрішній стан дітей

Таблиця 6.1 – Аналіз ідеї проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Запропоновано проведення розрахунків системи вентиляції, для подальшого її покращення для ефективного управління енергоресурсами у будівлі.	Навчальні заклади	Ціни на енергоресурси зростають. Завдяки цьому рішення користувачі можуть контролювати та оптимізувати своє внутрішнє споживання, а отже, і досягти розумної економії коштів. Державні субсидії та податкові пільги можуть надавати додаткові фінансові стимули на національному рівні.

Виходячи з таблиці, може зробити наступні висновки, що напрям застосування це, навчальні заклади, які зможуть почати економити кошти на тепло забезпечення.

#### 4 Визначення характеристик ідеї проекту

В таблиці 6.2 – характеристики ідеї проекту, наведено сильні та слабкі сторони у порівнянні з найближчими конкурентами

Таблиця 6.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
Доступність складових запропонованої системи	Висока	Середня	Помірна	Середня		+	
Тривалість виконання розрахунку, роб.днів	Встановлення періодизації за бажанням	Обмежений вибір періодизації	Обмежений вибір періодизації	14			+
Вартість. Тис грн.	Середня	Помірна	Висока	Середня			+

#### 6.5 Технологічний аудит ідеї проекту

Проводиться аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту (технології створення товару, надання послуги).

Таблиця 6.3 – Технологічний аудит ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Запропоновано проведення розрахунків системи вентиляції, для подальшого її покращення для ефективного управління енергоресурсами у будівлі.	Залучення інвестицій	Наявна	Доступна

### 6.6 Характеристика потенційних споживачів

Визначається характеристика потенційного споживача проекту показана в таблиці 6.4

Таблиця 6.4 – Характеристика потенційного споживача

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в економії енергоресурсів	Навчальні заклади	Споживачі зацікавлені економити власні кошти.	1) Легке встановлення системи; 2) Ремонтно- придатність; 3) Окупність в найкоротші строки; 4) Надійність 5) Довговічність 6) Висока ефективність

### 6.7 SWOT-аналіз проекту

Перелік сильних та слабких сторін проекту наведений в таблиці 5.5

Таблиця 6.5 Перелік сильних та слабких сторін проекту

<b>Сильні сторони:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• інвестиційна привабливість підприємства;</li> <li>• зважена цінова політика;</li> <li>• врахування потреб споживачів</li> </ul>	<b>Слабкі сторони:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• частка ринку;</li> <li>• результативність рекламної політики;</li> <li>• організація системи комунікацій</li> </ul>
<b>Можливості:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ліцензоване виробництво,</li> <li>• зменшення податків на даний вид діяльності,</li> <li>• технічні конференції та виставки,</li> <li>• соціально- культурні, розширення клієнтської бази, вихід на міжнародний ринок</li> </ul>	<b>Загрози:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• конкуренція,</li> <li>• інфляція,</li> <li>• складність набору клієнтської бази,</li> <li>• соціальні,</li> <li>• необхідність сертифікації обладнання</li> </ul>

## 6.8 Оцінка ризиків проекту

На основі проведеного SWOT-аналізу виділяються найзагрозливіші (не більше 5- ти), якими необхідно управляти для того, щоб реалізація проекту стала можливою. Експертним шляхом визначаються параметри ризику показані в таблиці 5.6

Таблиця 6.1 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Конкуренція	Можливий вихід конкурента на ринок з кращою продукцією	Вдосконалення продукції.
2	Економічний	Можливе зростання рівня інфляції	Пошук нових постачальників, збільшення їх кількості.
3	Соціальний	Покупці можуть вимагати більшого від продукту	Вдосконалення продукту, його характеристик

## Висновки до розділу

З проведеного вище опису і аналізу запропонованого покращення системи вентиляції можна зробити наступні висновки:

В даного проекту є можливість комерціалізації проекту, оскільки наявний попит, динаміка ринку, рентабельність на ринку. Вагомою перевагою такої системи є невисока вартість, порівняно з аналогами, а також доступність на ринку та простота використання, що є дуже важливими факторами на сьогоднішній день. Також є перспективи впровадження з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, стан конкуренції, конкурентоспроможність проекту.



## ВИСНОВКИ

Після проведення заходів з енергозбереження нам вдалося знизити споживання теплової та електричної енергії, а отже і заощадити значну суму грошових коштів. Результати наведені в таблиці:

Таблиця – Заходи з енергозбереження

МЕЗ	Заощаджена енергія	Вартість заощаджень грн.	Термін окупності, років
	Гкал		
Заміна вікон	17,9	23783	20,6
Утеплення стін	199,4	276824	5,2
Улаштування теплоізоляційного рефлектора	1,07	1480,38	1,8
Очистка теплообмінника	64,461	-	-
	кВт·год		
Заміна ламп розжарювання на енергозберігаючі	25980,48	51181,54	0,5
Заміна старих електричних плит в харчоблоці	3321,5	6543,35	1.61
Встановлення датчиків руху	1062,92	1838,3	0,61
Чищення світильників	81,43	160,41	0,6

Загальна сума заощаджень теплової енергії складе 282,8 Гкал, електричної енергії – 30446 кВт·год, внаслідок чого сума заощаджень складе – 361810,98 грн. Середній термін окупності складає приблизно 4,4 роки, що є гарним показником.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чернобров Н.В. Релейная защита / Чернобров Н.В., Семенов В. А. – Москва : Энергия, 1974. – 679 с.
2. Перехідні процеси в електроенергетиці : методичні вказівки / укл. Костерев М. В., Бардик Є. І., Безбереж'єв Ю. В. ; ФЕА. – Київ: НТУУ «КПІ», 2011. – 56 с.
3. Виконання курсових і дипломних проектів по електричній частині станцій і підстанцій : методичні вказівки / укл. Лукаш М. П., Філатов О. Г. ; ФЕА. – Частина 1. – Київ: НТУУ «КПІ», 1993. – 72 с.
4. Неклепаев Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. / Неклепаев Б. Н., Крючков И. П. – 4-е изд. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 608 с.
5. Рожкова Л. Д. Электрооборудование электрических станций и подстанций / Рожкова Л. Д., Карнеева. Л. К., Чиркова Т. В. – 4-е изд. – Москва : Академия, 2007. – 447 с. – ISBN 978-5-7695-4150-6.
6. Библиотека MSDN [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL :[http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/system.net.sockets.tcpclient\(v=vs.110\).aspx](http://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/system.net.sockets.tcpclient(v=vs.110).aspx)
7. Протокол ModBus [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL :<http://uk.wikipedia.org/wiki/Modbus>
8. Feeder Protection and Control RET 615 ANSI. ModBus Point List : [каталог]. - USA : ABB, 2011. -57с.
9. Охрана труда / под ред. Б.А. Князевского. – 2-е изд. переработ. и доп. – Москва : Высш.школа, 1982. – 311 с.
10. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках / Долин П. А. – Москва : Энергия, 1978. – 408 с.
11. Правила улаштування електроустановок : 2010. – Офіц. вид. – К. :

Форт : Мінпаливенерго України. 2010. – 692 с. – ( Нормативний документ Мінпаливенерго України.).

12. Охрана труда в электроустановках / Под ред. Б.А.Князевского. – М.: Энергоатомиздат, 1983.-336с.
13. Расчет защитного заземления в дипломных проектах : метод. указания. – Киев : КПИ, 1982. – 40 с.
14. Основи охорони праці [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL :[http://pidruchniki.ws/15840720/bzhd/osnovi\\_ohoroni\\_pratsi -  
\\_zaporozhets\\_oi](http://pidruchniki.ws/15840720/bzhd/osnovi_ohoroni_pratsi_-_zaporozhets_oi)
15. Протокол ModBus [Електронний ресурс]. - Режим доступу: URL :<http://uk.wikipedia.org/wiki/Modbus>